

**ASOCIACIONES MINERALOGICAS DE LAS MENAS AUROARGENTIFERAS Y
SU DISTRIBUCION ESPACIAL EN EL YACIMIENTO ANGOSTURA
(CALIFORNIA, SANTANDER)**

**LISSETTE ANDREA DIAZ SALAZAR
MARGARETH GUERRERO ARIAS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIA FISICOQUIMICA
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA
2006**

**ASOCIACIONES MINERALOGICAS DE LAS MENAS AUROARGENTIFERAS Y
SU DISTRIBUCION ESPACIAL EN EL YACIMIENTO ANGOSTURA
(CALIFORNIA, SANTANDER)**

**LISSETTE ANDREA DIAZ SALAZAR
MARGARETH GUERRERO ARIAS**

Proyecto de Grado para optar al título de Geólogo

**Director:
PhD CARLOS ALBERTO GARCIA RAMIREZ
Profesor Escuela de Geología (UIS)**

**Codirector
GEOLOGO GIOVANNY ORTIZ
Jefe del Departamento de Exploración Greystar Resources**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE FISICOQUICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA
2006**

DEDICATORIA

**Por su escuela de vida y su visión.... a mi papá
Por el esfuerzo y el amor... a mi mamá
Por su desprendimiento y apoyo.... a mi tía
Por su berraquera y tenacidad.... a mis hermanos
Por su motivación y amistad... a Gloria y Orlando
Por su alegría y compañía durante tantos años.... a Jorge
Por su amor... a William**

**Doy gracias a Dios por su presencia en mi vida,
Sin ustedes este proyecto no sería una realidad.**

Lisette Andrea.

A las dos mujeres que más amo y admiró:

A mi madre que desde el cielo junto a Dios sigue bendiciendo mi vida

A mi hermana, apoyo incondicional, amiga y confidente

Por ellas y para ellas la culminación de este logró.

Margareth

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo no hubiera sido posible sin la invaluable colaboración, confianza y apoyo incondicional por parte de Greystar Resources Ltda y nuestro director el profesor Carlos Alberto García, junto con todas las personas que de una u otra manera facilitaron nuestro trabajo y nos brindaron una mano amiga cuando lo necesitamos. Nos quedaríamos cortos tratando de nombrar a cada una de esas personas pero de manera general muchas gracias a:

Profesor Carlos García, maestro y amigo, quien durante 9 meses estuvo al frente de este trabajo, brindándonos día a día confianza en lo que hacíamos, aplaudiendo cada acierto y corrigiendo pacientemente cada desacierto poniendo en cada página de este libro “el sello de calidad” para dejar en alto el nombre de nuestra escuela de Geología.

Al geólogo Giovanni Ortiz, nuestro codirector quien desde el primer momento que se le presento la propuesta para la realización de este trabajo depositó en nosotras confianza y seguridad y estuvo respaldándonos durante su desarrollo.

A las geólogas Constanza Campos y Ella Castro encargadas de la administración de la base de datos de geología quienes siempre mostraron interés por ayudarnos.

A todo el equipo de geólogos de exploración que residen en campamento: Alfonso, Iván, Carlos Mario, Wilmar, Javier y Carlos Mauricio, Carlos Durán y amigos de Geominas quienes hicieron posible una estadía grata en campamento y fueron nuestros guías en la fase de campo.

A las directivas de Greystar: Señor Federick Felder, vicepresidente de la compañía, Ingeniero Edwin Restrepo, Gerente y Doctor Luis Guillermo Laserna, quienes cariñosamente nos llamaron las geologuitas de la empresa haciéndonos sentir muy gratas, participándonos de cada evento, brindándonos su invaluable amistad y autorizando la financiación de este trabajo.

Al equipo de trabajo de la oficina quienes a cada llegada nos recibieron con una sonrisa y nos prestaron su colaboración cada vez que fue requerida.

A la escuela de Geología, el equipo de profesores y personal administrativo quienes nos formaron académicamente como profesionales comprometidas con el desarrollo de nuestro país.

A nuestros compañeros y amigos que en esta etapa de nuestra existencia estuvieron presentes brindándonos apoyo y fortaleza en nuestros momentos de dificultad.

A Dios, quien nos permitió realizar esta práctica, dándonos la vida y las herramientas necesarias para avanzar día a día en este proceso.

Y por supuesto a nuestras queridas familias motores de nuestras vidas, impulso en nuestras carreras y motivación diaria para persistir en el logro de nuestros objetivos.

A cada uno muchas gracias y que Dios les bendiga.

RESUMEN

TITULO: ASOCIACIONES MINERALOGICAS DE LAS MENAS AUROARGENTIFERAS Y SU DISTRIBUCION ESPACIAL EN EL YACIMIENTO ANGOSTURA (CALIFORNIA, SANTANDER)*.

AUTORES: Diaz, Lissette A; Guerrero, Margareth **.

PALABRAS CLAVES: Yacimientos auroargentíferos, oro, veta, asociaciones minerales, química mineral, California.

El yacimiento Angostura se encuentra ubicado en la parte nororiental del Macizo de Santander en la Cordillera Oriental de Colombia, área enmarcada en el municipio de California-Santander, este yacimiento auroargentífero hace parte del proyecto a cargo de la empresa canadiense Grey Star Resources Ltd la cual se encuentra en la fase de exploración minera.

La mineralización se encuentra encajada principalmente en neis cuarzofeldésptico, neis horblendicobiotítico, migmatitas y tectonitas, pertenecientes a la unidad Neis de Bucaramanga. Estas rocas metamórficas han sido intruidas por varios cuerpos ígneos de composición tonalítica a granodiorítica.

El yacimiento Angostura esta constituido por un sistema de vetas de cuarzo con sulfuros, agrupadas en bloques tabulares. Este modelo de bloques se tomó como referencia para realizar el presente estudio. La mineralización consta de oro (electrum, silvanita), plata tipo hessita, pirita, calcopirita, tetrahedrita, digenita, cantidades variables de covelina, bornita, enargita, marcasita, arsenopirita, calcosina, bismutinina y óxidos como hematina, magnetita, ilmenita y limonita como hidróxido. La ganga principalmente es cuarzo, sericita y pequeñas cantidades de arcillas y otros silicatos. La alteración dominante es la silicificación y sericitización. Se definieron cuatro tipos de mena según los minerales dominantes así:

Mena tipo 1, formada por oro, plata, pirita digenita, tetrahedrita, y ocasionalmente marcasita, calcosina y telurios de plata en cantidades traza; el oro ocurre principalmente como oro libre e incluido en pirita.

Mena tipo 2, formada por oro, plata, pirita, calcopirita en ocasiones digenita o tetrahedrita y esporádicamente y en cantidades traza calcosina, enargita,

* Proyecto de Grado, modalidad Investigación.

** Facultad de Físicoquímicas, Escuela de Geología. Director Phd Carlos A. García Codirector Giovanni Ortiz.

arsenopirita, bismutinita, teluros de plata, bornita y marcasita; el oro ocurre en mayor proporción incluido en pirita.

Mena tipo 3, formadas por oro, plata y pirita, ocasionalmente tetrahedrita en cantidades traza; el oro en estas menas es de carácter submicroscópico.

Mena tipo 4, formada por oro, plata, ilmenita, hematita, limonita y magnetita, con cantidades traza de pirita, calcopirita, tetrahedrita; el oro en estas menas es de carácter submicroscópico

El oro se encuentra asociado a pirita, tetrahedrita y digenita.

El oro ocurre en el yacimiento Angostura como cristales individuales y agregados granulares. Los cristales son anhedrales a euhedrales y ocurren de manera libre asociados a la matriz, asociados a otros sulfuros de cobre-hierro, intersticiales entre agregados de pirita e incluidos en cristales de pirita y tetrahedrita. El tamaño del oro varía entre 1 a 30 micras, así mismo, se determinó oro submicroscópico mediante microscopía electrónica y su confirmación mediante ensayos al fuego.

La relación mena ganga en el yacimiento es de 3/7, manteniéndose relativamente homogénea para todo el yacimiento. Los sulfuros relacionados con la mineralización tienen un tamaño de grano entre 1 a 200 micras, con predominancia de 1 a 25 micras.

La mineralización es estructuralmente controlada por el sistema de fallas con dirección principal NE y fallas secundarias con dirección NE y E-W.

ABSTRAC

Title: MINERALOGICAL ASSOCIATIONS AND SPATIAL DISTRIBUTION OF THE ORES AUROARGENTIFERAS IN THE ANGOSTURA DEPOSIT (CALIFORNIA, SANTANDER)*

Author: Diaz, Lissette A; Guerrero, Margareth**

Key Words: Gold, silver, mineralogic association, auroargentiferas ores, opaque petrograpich.

Angostura deposit is located North eastern of the “Macizo De Santander” on the Colombian Eastern Cordillera, in the California town (Santander Department).

This gold and silver deposit belongs to the Canadian Grey Star Resources Ltd Project, which actually is in a mining exploration stage.

Mineralization is mainly in quartz-feldspar neis, hornblendic biotitic neis, migmatites and tectonites which are part of the Bucaramanga’s neis unit.

These metamorphic rocks have been encrusted by several tonalitic to granodioritic composed igneous bodies.

Angostura deposit is formed by an inter-bedded quartz-sulfides system grouped in tabular blocks. This blocks model was taken as a reference for the actual study purposes.

Mineralization is composed by gold (electrum, silvanite), hessite type silver, pyrite, chalcopyrite, tetrahedrite, digenite, several amounts of coveline, bornite, enargite, marcasite, arsenopyrite, calcosine, bismutinite and oxidations such as: hematine, magnetite, ilmenite and limonite.

Quartz is the main matrix, sericite, small amounts of clay and some other silicates. Dominant alteration is mainly silification and sericitation. Depending on the dominant minerals, four mean types were defined as follows:

* Grade Proyect, Research Kind

** Physics and Chemicals Sciences Faculty, Geology School. Director Phd Carlos A. García Codirector Giovanny Ortiz.

Type 1 Ore:

Composed by gold, silver, digenite, Pyrite, tetrahedrite and occasionally marcasite, calcosine, and traces of silver telures; gold appear as free gold and also included into pyrite.

Type 2 Ore:

Formed by gold, silver, piryte, chalcopyrite, occasionally digenite or tetrahedrite and scattered, seldom calcosine, enargite, arsenopyrite, bismutinite, silver telures, bornite and marcasite. Gold is mainly found included into pyrite.

Type 3 Ore:

Composed by gold, silver and pyrite. Occasionally tetrahedrite traces. Gold found in this kind of matrix is sub-microscopic type.

Type 4 Ore:

Composed by gold, silver, ilmenite, hematite, limonite and magnetite; also traces of chalcopyrite and tetrahydrite. Gold is also sub-microscopic type here.

Gold is associated to pyrite, tetrahydrite and digenite.

In Angostura deposit gold is found as individual crystals and granular aggregates. Anhedral and euhedral crystals are freely associated to the matrix. Associated to other copper-iron sulfides, interstitials between pyrite aggregates and also included in pyrite and tetrahedrite crystals.

Gold grain size varies between 1 to 30 microns, also it was determined sub-microscopic gold by electronic microscopy means and confirmed by fire testing essays.

Matrix – Gange ratio in the ore deposit is 3/7, remaining steady this ratio in an homogeneous form for the whole deposit. Sulfides related with the mineralization are in the 1 to 200 microns sizes, with predominant 1 to 25 microns sizes.

Mineralization is structurally controlled by the fault system with North-east direction and secondary faults on the North-East and East-west directions.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	1
1. OBJETIVOS	2
1.1 OBJETIVO GENERAL	2
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	2
2. GENERALIDADES	3
2.1 LOCALIZACION	3
2.2 FISIOGRAFIA Y CLIMA	5
3. MARCO GEOLOGICO REGIONAL	6
4. ANTECEDENTES	9
5. METODOLOGIA	13
5.1 ETAPA I: FASE DE PRECAMPO	15
5.2 ETAPA II: FASE DE CAMPO	15
5.3 ETAPA III: FASE DE LABORATORIO	16
5.4 ETAPA IV: FASE DE OFICINA	17
6. GEOLOGIA DEL YACIMIENTO ANGOSTURA	18
6.1 UNIDADES LITOLÓGICAS	18
6.1.1 Rocas Metamórficas	18
6.1.1.1 Neis Cuarzo-feldespático	20
6.1.1.2 Neis Biotítico-horblendítico	22
6.1.1.3 Migmatitas	25
6.1.1.4 Dique de Metagabro	26
6.1.1.5 Tectonitas	28
6.1.2 ROCAS IGNEAS	31
6.1.2.1 Tonalita	32
6.1.2.2 Monzogranito	34
6.2 ESTRUCTURAS	36
7. MINERALIZACION	38
7.1 VETA 7	38
7.1.1 Contenido de oro, plata y cobre	42
7.1.2 Composición Mineralógica	44
7.1.2.1 Mineralogía de la Mena	47
7.1.2.2 Mineralogía de la Ganga	51
7.1.3 Alteraciones	52
7.1.4 Análisis textural de los minerales de la Mena	52
7.2 VETA 10	54

7.2.1	Contenido de oro, plata y cobre	54
7.2.2	Composición Mineralógica	58
7.2.2.1	Mineralogía de la Mena	59
7.2.2.2	Mineralogía de la Ganga	63
7.2.3	Alteraciones	65
7.2.4	Análisis textural de los minerales de la Mena	65
7.3	VETA 12	67
7.3.1	Contenido de oro, plata y cobre	67
7.3.2	Composición Mineralógica	69
7.3.2.1	Mineralogía de la Mena	72
7.3.2.2	Mineralogía de la Ganga	76
7.3.3	Alteraciones	77
7.3.4	Análisis textural de los minerales de la Mena	78
7.4	VETA 15	79
7.4.1	Contenido de oro, plata y cobre	79
7.4.2	Composición Mineralógica	82
7.4.2.1	Mineralogía de la Mena	84
7.4.2.2	Mineralogía de la Ganga	87
7.4.3	Alteraciones	89
7.4.4	Análisis textural de los minerales de la Mena	89
7.5	VETA 23	91
7.5.1	Contenido de oro, plata y cobre	91
7.5.2	Composición Mineralógica	93
7.5.2.1	Mineralogía de la Mena	96
7.5.2.2	Mineralogía de la Ganga	100
7.5.3	Alteraciones	101
7.5.4	Análisis textural de los minerales de la Mena	102
7.6	VETA 29	103
7.6.1	Contenido de oro, plata y cobre	103
7.6.2	Composición Mineralógica	105
7.6.2.1	Mineralogía de la Mena	108
7.6.2.2	Mineralogía de la Ganga	113
7.6.3	Alteraciones	115
7.6.4	Análisis textural de los minerales de la Mena	115
7.7	VETA 52	117
7.7.1	Contenido de oro, plata y cobre	117
7.7.2	Composición Mineralógica	120
7.7.2.1	Mineralogía de la Mena	122
7.7.2.2	Mineralogía de la Ganga	125
7.7.3	Alteraciones	126
7.7.4	Análisis textural de los minerales de la Mena	127
7.8	VETA 554	128
7.8.1	Contenido de oro, plata y cobre	128

7.8.2	Composición Mineralógica	131
7.8.2.1	Mineralogía de la Mena	134
7.8.2.2	Mineralogía de la Ganga	138
7.8.3	Alteraciones	139
7.8.4	Análisis textural de los minerales de la Mena	140
7.9	VETA 650	142
7.9.1	Contenido de oro, plata y cobre	142
7.9.2	Composición Mineralógica	145
7.9.2.1	Mineralogía de la Mena	147
7.9.2.2	Mineralogía de la Ganga	151
7.9.3	Alteraciones	153
7.9.4	Análisis textural de los minerales de la Mena	154
8.	CARACTERISTICAS DEL ORO	155
8.1	OCURRENCIA DEL ORO	155
8.2	TEXTURA DEL ORO	157
8.2.1	Tamaño de grano	157
8.2.2	Forma	158
8.2.3	Relación del oro con otros minerales	159
8.3	COMPOSICION QUIMICA DEL ORO	159
8.3.1	Resultados	160
9.	DISCUSION DE RESULTADOS	170
10.	CONCLUSIONES	172
11.	RECOMENDACIONES	175
12.	BIBLIOGRAFIA	176
	ANEXOS	

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Esquema de Localización Geográfica del Proyecto Angostura	4
Figura 2. Panorámica General Proyecto Angostura	5
Figura 3. Esquema Geológico Regional	7
Figura 4. Columna Estratigráfica Generalizada del área de California	8
Figura 5. Diagrama metodológico. Etapa I y II	13
Figura 5. Diagrama metodológico. Etapa III y IV	14
Figura 7. Vena de cuarzo mineralizada en el Neis biotítico - hornblendítico	19
Figura 8. Alteraciones hidrotermales comunes en el área del Proyecto Angostura	19
Figura 9. Diferentes alteraciones vistas bajo el microscopio de luz transmitida	20
Figura 10. Microfotografías del Neis cuarzo-feldespático	22
Figura 11. Afloramiento del Neis Biotítico-hornblendítico	23
Figura 12. Microfotografías del Neis Biotítico-hornblendítico	23
Figura 13. Afloramiento de las Migmatitas	25
Figura 14. Afloramiento del dique de Metagabro.	26
Figura 15. Microfotografía del metagabro	27
Figura 16. Afloramiento de milonitas	29
Figura 17. Microfotografías de las milonitas	29
Figura 18. Afloramiento de la tonalita	32
Figura 19. Contacto entre la Tonalita y el Neis Biotítico-hornblendítico	33
Figura 20. Microfotografía de la tonalita.	34
Figura 21. Modelo de bloques del yacimiento Angostura	39
Figura 22. Distribución en profundidad de los tipos de mena	41
Figura 23. Histograma de frecuencia para tenores de oro veta 7	42
Figura 24. Histograma de frecuencia para tenores de plata veta 7	43
Figura 25. Distribución de tenores de oro y plata en profundidad veta 7	44
Figura 26. Imagen 3D de la ubicación de las muestras con sección delgada-pulida para la veta 7	45
Figura 27. Relación mena-ganga para la veta 7	45
Figura 28. Composición mineralógica promedio de las menas de la veta 7	46
Figura 29. Mineralogía de las menas veta 7	47
Figura 30. Características de la mena tipo 1 de la veta 7	49
Figura 31. Características de la mena tipo 2 de la veta 7	50
Figura 32. Características de la mena tipo 2 de la veta 7	50

Figura 33. Mineralogía de la ganga veta 7	51
Figura 34. Texturas de la ganga veta 7	52
Figura 35. Análisis granulométrico de las menas de la veta 7	53
Figura 36. Histograma de frecuencia para tenores de oro veta 10	55
Figura 37. Histograma de frecuencia para tenores de plata veta 10	55
Figura 38. Distribución de tenores de oro y plata en profundidad veta 10	56
Figura 39. Imagen 3D de la ubicación de las muestras con sección delgada-pulida para la veta 10	57
Figura 40. Relación mena-ganga para la veta 10	58
Figura 41. Composición mineralógica promedio de las menas de la veta 10	59
Figura 42. Mineralogía de las menas veta 10	60
Figura 43. Características de la mena tipo 1 de la veta 10	62
Figura 44. Características de la mena tipo 1 y 3 de la veta 10	62
Figura 45. Características de la mena tipo 4 de la veta 10	63
Figura 46. Mineralogía de la ganga veta 10	64
Figura 47. Texturas de la ganga veta 10	65
Figura 48. Análisis granulométrico de las menas de la veta 10	66
Figura 49. Histograma de frecuencia para tenores de oro veta 12	68
Figura 50. Histograma de frecuencia para tenores de plata veta 12	68
Figura 51. Distribución de tenores de oro y plata en profundidad veta 12	69
Figura 52. Imagen 3D de la ubicación de las muestras con sección delgada-pulida para la veta 12	70
Figura 53. Relación mena-ganga para la veta 12	71
Figura 54. Composición mineralógica promedio de las menas de la veta 12	72
Figura 55. Mineralogía de las menas veta 12	73
Figura 56. Características de la mena tipo 3 de la veta 12	75
Figura 57. Características de la mena tipo 2 de la veta 12	75
Figura 58. Mineralogía de la ganga veta 12	76
Figura 59. Texturas de la ganga veta 12	77
Figura 60. Análisis granulométrico de las menas de la veta 12	78
Figura 61. Histograma de frecuencia para tenores de oro veta 15	80
Figura 62. Histograma de frecuencia para tenores de plata veta 15	80
Figura 63. Distribución de tenores de oro y plata en profundidad veta 15	81
Figura 64. Imagen 3D de la ubicación de las muestras con sección delgada-pulida para la veta 15	82
Figura 65. Relación mena-ganga para la veta 15	83
Figura 66. Composición mineralógica promedio de las menas de la veta 15.	84
Figura 67. Mineralogía de las menas veta 15	85
Figura 68. Características de la mena tipo 2 de la veta 15	86
Figura 69. Mineralogía de la ganga veta 15	88

Figura 70. Texturas de la ganga veta 12	89
Figura 71. Análisis granulométrico de las menas de la veta 12	90
Figura 72. Histograma de frecuencia para tenores de oro veta 23	92
Figura 73. Histograma de frecuencia para tenores de plata veta 23	92
Figura 74. Distribución de tenores de oro y plata en profundidad veta 23	93
Figura 75. Imagen 3D de la ubicación de las muestras con sección delgada-pulida para la veta 23	94
Figura 76. Relación mena-ganga para la veta 23	95
Figura 77. Composición mineralógica promedio de las menas de la veta 23	96
Figura 78. Mineralogía de las menas veta 23	97
Figura 79. Características de la mena tipo 1 de la veta 23	99
Figura 80. Características de la mena tipo 2 de la veta 23	99
Figura 81. Mineralogía de la ganga veta 23	100
Figura 82. Texturas de la ganga veta 23	101
Figura 83. Análisis granulométrico de las menas de la veta 23	102
Figura 84. Histograma de frecuencia para tenores de oro veta 2	104
Figura 85. Histograma de frecuencia para tenores de plata veta 29	104
Figura 86. Distribución de tenores de oro y plata en profundidad veta 29	105
Figura 87. Imagen 3D de la ubicación de las muestras con sección delgada-pulida para la veta 29	106
Figura88. Relación mena-ganga para la veta 29	107
Figura 89. Composición mineralógica promedio de las menas de la veta 29	108
Figura 90. Mineralogía de las menas veta 29	109
Figura 91. Características de la mena tipo 1 de la veta 29	111
Figura 92. Características de la mena tipo 2 de la veta 29	111
Figura 93. Mineralogía de la ganga veta 29	113
Figura 94. Texturas de la ganga veta 29	114
Figura 95. Análisis granulométrico de las menas de la veta 29	116
Figura 96. Histograma de frecuencia para tenores de oro veta 52	118
Figura97. Histograma de frecuencia para tenores de plata veta 52	118
Figura 98. Distribución de tenores de oro y plata en profundidad veta 52	119
Figura 99. Imagen 3D de la ubicación de las muestras con sección delgada-pulida para la veta 52	120
Figura 100. Relación mena-ganga para la veta 52	121
Figura 101. Composición mineralógica promedio de las menas veta 52	122
Figura 102. Mineralogía de las menas veta 52	122
Figura 103. Características de la mena tipo 3 de la veta 52	124

Figura 104. Características de la mena tipo 2 de la veta 52	124
Figura 105. Mineralogía de la ganga veta 52	125
Figura 106. Texturas de la ganga veta 52	126
Figura 107. Análisis granulométrico de las menas de la veta 52	127
Figura 108. Histograma de frecuencia para tenores de oro veta 554	129
Figura 109. Histograma de frecuencia para tenores de plata veta 554	129
Figura 110. Distribución de tenores de oro y plata en profundidad veta 554	130
Figura 111. Imagen 3D de la ubicación de las muestras con sección delgada-pulida para la veta 554	132
Figura 112. Relación mena-ganga para la veta 554	132
Figura 113. Composición mineralógica promedio de las menas veta 554	133
Figura 114. Mineralogía de las menas veta 554	134
Figura 115. Características de la mena tipo 1 y 4 de la veta 554	137
Figura 116. Mineralogía de la ganga veta 554	138
Figura 117. Texturas de la ganga veta 554	139
Figura 118. Análisis granulométrico de las menas de la veta 554	140
Figura 119. Histograma de frecuencia para tenores de oro veta 650	143
Figura 120. Histograma de frecuencia para tenores de plata veta 650	143
Figura 121. Distribución de tenores de oro y plata en profundidad veta 650	144
Figura 122. Imagen 3D de la ubicación de las muestras con sección delgada-pulida para la veta 650	145
Figura 123. Relación mena-ganga para la veta 650	146
Figura 124. Composición mineralógica promedio de las menas veta 650	147
Figura 125. Mineralogía de las menas veta 650	148
Figura 126. Características de la mena tipo 1 y 4 de la veta 650	151
Figura 127. Mineralogía de la ganga veta 650	152
Figura 128. Texturas de la ganga veta 650	153
Figura 129. Análisis granulométrico de las menas de la veta 650	154
Figura 130. Porcentaje de las maneras de ocurrencia del oro	155
Figura 131. Microfotografías de la ocurrencia del oro	156
Figura 132. Microfotografías de la ocurrencia del oro	157
Figura 133. Distribución granulométrica del oro	158
Figura 134. Imágenes de electrones retrodispersados (BSE) de un grano y finos hilos de electrum (blanco) rellenando fracturas dentro de pirita.	160
Figura 135. EDS del grano e hilos de electrum mostrado en la imagen 134	160
Figura 136. Imagen BSE de un grano de electrum (blanco, 2) dentro de hessita (gris claro, 3) el cual a su vez esta incluido en pirita.	161

Figura 137. Imagen BSE. A del grano de electrum. B. de la hessita mostrados en la figura 136.	161
Figura 138. Fotografía al microscopio óptico de luz reflejada oro nativo subhedral incluido en pirita.	162
Figura 139. Imagen BSE del grano de oro nativo mostrado en la figura 138.	162
Figura 140. Fotografía al microscopio óptico de luz reflejada de un grano subhedral de electrum incluido en pirita	163
Figura 141. Imagen BSE del grano de electrum mostrado en la figura 140.	163
Figura 142. Imagen BSE mostrando dos granos subhedrales a anhedrales de electrum (1 y 2); un grano anhedral de silvanita rodeados intersticialmente por un sulfuro de cobre (3) posiblemente covelina (4) y en contacto neto con pirita.	164
Figura 143. Imagen BSE de los granos subhedrales de electrum mostrados en la figura 142.	164
Figura 144. Imagen BSE del grano anhedral de silvanita mostrados en la figura 142.	165
Figura 145. Imagen BSE mostrando un grano subhedral de silvanita (1); un grano anhedral de telurio nativo (2) asociado con calcopirita (3).	165
Figura 146. Imagen BSE del grano subhedral de silvanita mostrado en la figura 14	166
Figura 147. Imagen BSE mostrando la silvanita como un relleno de fractura (blanco).	166
Figura 148. Imagen BSE de la silvanita mostrado en la figura 147.	167
Figura 149. Imagen BSE mostrando granos subhedrales, flecos anhedrales e hilos que ocurren a lo largo de los bordes de los agregados granulares de pirita.	167
Figura 150. Imagen BSE del electrum mostrado en la figura 149.	168

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Coordenadas del área central del Proyecto Angostura	3
Tabla 2. Vetas de estudio	38
Tabla 3. Tipos de mena en el Proyecto Angostura	40
Tabla 4. Resultados del tratamiento estadístico a los contenidos de oro, plata, y cobre para la veta 7	42
Tabla 5. Muestras con sección delgada-pulida de la veta 7	44
Tabla 6. Composición mineralógica de las menas representativa de la veta 7	46
Tabla 7. Resultados del tratamiento estadístico a los contenidos de oro, plata, y cobre para la veta 10	54
Tabla 8. Muestras con sección delgada-pulida de la veta 10	57
Tabla 9. Composición mineralógica de las menas representativas de la veta 10	58
Tabla 10. Resultados del tratamiento estadístico a los contenidos de oro, plata, y cobre para la veta 12	67
Tabla 11. Muestras con sección delgada-pulida de la veta 12	70
Tabla 12. Composición mineralógica de las menas representativas de la veta 12	71
Tabla 13. Resultados del tratamiento estadístico a los contenidos de oro, plata, y cobre para la veta 15	79
Tabla 14. Muestras con sección delgada-pulida de la veta 15	82
Tabla 15. Composición mineralógica de las menas representativas de la veta 15	83
Tabla 16. Resultados del tratamiento estadístico a los contenidos de oro, plata, y cobre para la veta 23	91
Tabla 17. Muestras con sección delgada-pulida de la veta 23	94
Tabla 18. Composición mineralógica de las menas representativas de la veta 23	95
Tabla 19. Resultados del tratamiento estadístico a los contenidos de oro, plata, y cobre para la veta 29	103
Tabla 20. Muestras con sección delgada-pulida de la veta 29	106
Tabla 21. Composición mineralógica de las menas representativas de la veta 29	107
Tabla 22. Resultados del tratamiento estadístico a los contenidos de oro, plata, y cobre para la veta 52	117
Tabla 23. Muestras con sección delgada-pulida de la veta 52	120

Tabla 24. Composición mineralógica de las menas representativas de la veta 52121
Tabla 25. Resultados del tratamiento estadístico a los contenidos de oro, plata, y cobre para la veta 554	128
Tabla 26. Muestras con sección delgada-pulida de la veta 554	131
Tabla 27. Composición mineralógica de las menas representativas de la veta 554	133
Tabla 28. Resultados del tratamiento estadístico a los contenidos de oro, cobre para la veta 650	142
Tabla 29. Muestras con sección delgada-pulida de la veta 650	145
Tabla 30. Composición mineralógica de las menas representativas de la veta 650	146

ANEXOS

Anexo 1. Mapa geológico del área de estudio

Anexo 2. Catálogo de muestras macroscópicas

Anexo 3. Catálogo de secciones delgadas

Anexo 4. Catálogo de secciones delgadas-pulidas

Anexo 5. Cd Rom con presentación e informe.

INTRODUCCION

Este trabajo se desarrolla en el distrito minero de California, localizado en el Macizo de Santander, en la Cordillera Oriental Colombiana.

El estudio de las **Asociaciones mineralógicas de las menas auroargentíferas y su distribución espacial** en el yacimiento Angostura fue el objetivo central del presente proyecto de grado, el cual fue financiado por la empresa Canadiense Greystar Resources y la universidad Industrial de Santander.

El proyecto Angostura se encuentra actualmente en la etapa de exploración, fase durante la cual se ha realizando una amplia recopilación, tratamiento y análisis de la información, lo cual ha permitido generar un modelo del yacimiento, que consiste de un sistema de bloques tabulares llamados “**vetas**”, que agrupan diferentes estructuras mineralizadas que conservan características espaciales similares. Para el desarrollo de este trabajo se tomaron 9 vetas que caracterizan las tres direcciones preferentes de la mineralización: Nor-Este vetas (7, 10, 12, 15), Este-Oeste vetas (23, 29), Nor-Oeste (52, 554, 650).

Cada una de las vetas seleccionadas fue muestreada en superficie, túneles exploratorios y núcleos de perforación. Estas muestras fueron estudiadas mediante análisis petrográficos (microscopía óptica de luz transmitida y reflejada) y geoquímicos (ensayos al fuego, absorción atómica y microscopía electrónica). Estos estudios permitieron definir los minerales de la mena, ganga y las zonas de alteración. En este sentido se determinó que el oro (nativo, electrum, silvanita) ocurre de manera libre, asociada, intersticial e incluida en sulfuros como pirita, tetrahedrita y digenita. Igualmente se establecieron las asociaciones mineralógicas del oro, su tamaño de grano, morfología y distribución en el yacimiento, así como los tenores de oro, plata y cobre.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

- Estudiar la composición mineralógica de los diferentes tipos de mena para establecer su relación espacial y genética con el oro.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Precisar y detallar la cartografía geológica del Yacimiento Angostura.
- Determinar la composición mineralógica de las menas auroargentíferas.
- Establecer el modo de ocurrencia y las características texturales (forma, tamaño e intercrecimiento) y composición química del oro.
- Definir la relación del oro con los minerales de la mena y la ganga.
- Integrar la información obtenida con el modelo geológico del depósito.

2. GENERALIDADES

2.1 LOCALIZACIÓN

El proyecto Angostura se encuentra ubicado en la parte nororiental del departamento de Santander, cerca de los límites de este departamento con Norte de Santander, en el municipio de California a unos 50 Km. de la ciudad de Bucaramanga, cuyo acceso se hace por vía carretable y sin pavimentar, pasando por los municipios de Matanza y Suratá, llegando al casco urbano del municipio de California y de allí a 11 Km. adicionales siguiendo la vía carretable que conduce a las veredas La Baja y Angostura y que finaliza en el área del proyecto.

Geográficamente se encuentra a 7°23' norte y 72°54' este, cuya área esta contenida en la plancha 110-1-C a escala 1:25000 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi; que forma parte del cuadrángulo H-13 Pamplona.

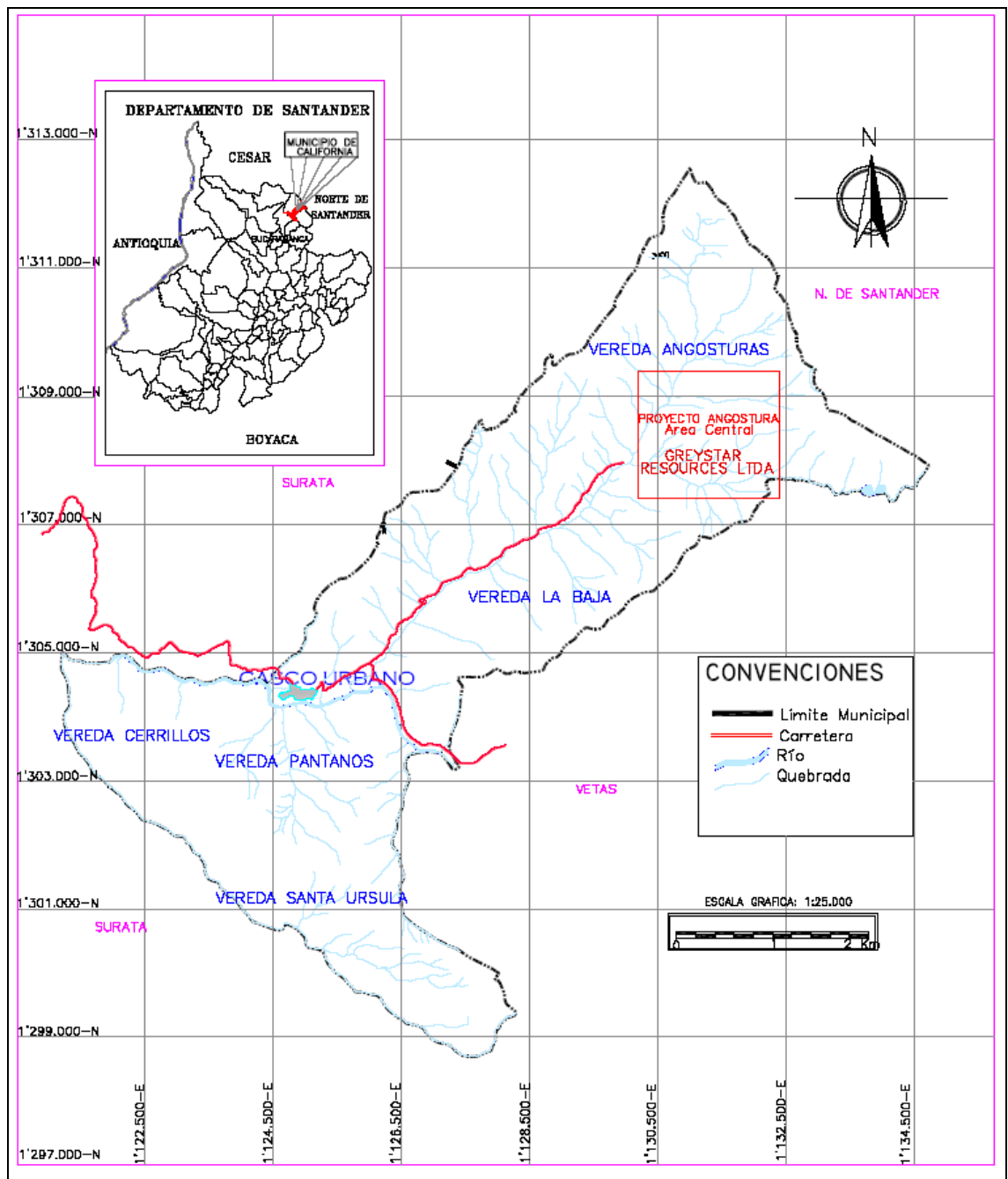
Geológicamente, el proyecto Angostura se sitúa en la parte central del Macizo de Santander de la Cordillera Oriental de Colombia.

Este trabajo se desarrolla en la parte central del área del proyecto angostura donde se concentran los trabajos exploratorios de las menas auroargentíferas con coordenadas:

Tabla 1. Coordenadas del área central del Proyecto Angostura.

Coordenada Norte	Coordenada Este
1309400	1130200
1309400	1132400
1307400	1130200
1307400	1132400

Figura 1. Esquema de Localización Geográfica del Proyecto Angostura.



Modificado del Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT), California.

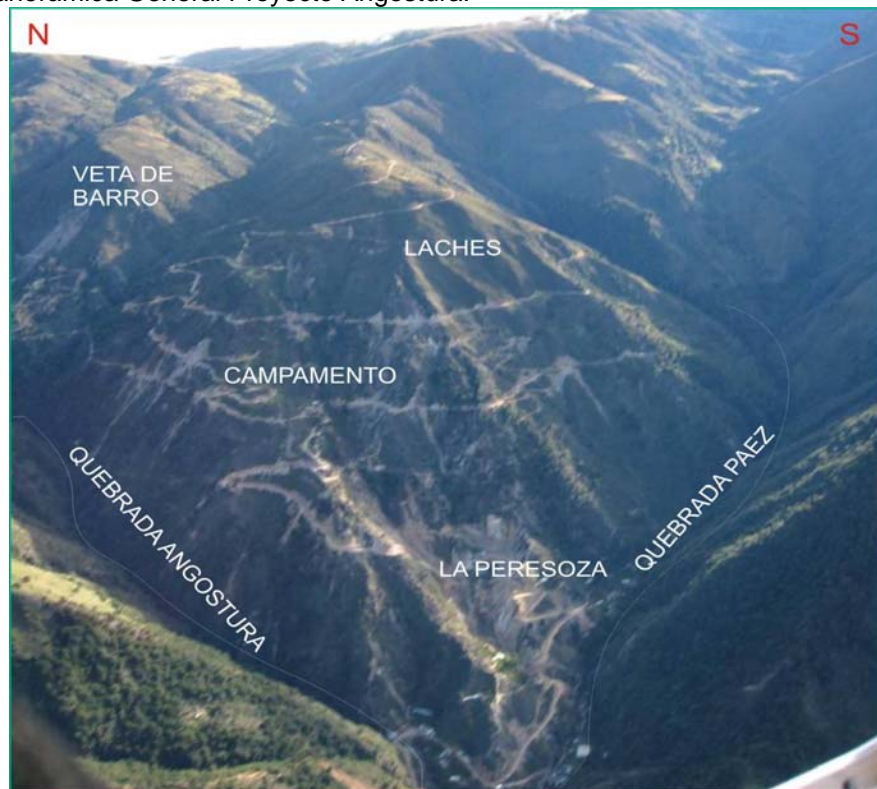
2.2 FISIOGRAFIA Y CLIMA

El área del proyecto Angostura se caracteriza por presentar un relieve montañoso, empinado, relativamente accidentado con alternancia de valles profundos. Las alturas donde se ubica el proyecto oscilan en un rango de 2600 a 3400 m.s.n.m.. El patrón general de drenaje es paralelo a subparalelo controlado estructuralmente.

Las principales corrientes son las quebradas Angostura, Páez, El Pozo y La Perezosa, la intersección entre la quebrada Angostura y Páez es el inicio de la quebrada la Baja, quien constituye uno de los principales drenajes de la subcuenca del río Suratá, y que pertenece a la cuenca del río Lebrija.

El clima es de templado a páramo con temperaturas que oscilan entre los 8°C Y 15°C, las precipitación media promedio es de 1300 mm. La vegetación puede ser descrita como de tipo "Alpino", consistiendo de frailejones y escasos pastizales en las partes mas altas, arbustos en las partes medias y boscosa a lo largo de las quebradas.

Figura 2. Panorámica General Proyecto Angostura.



3. MARCO GEOLOGICO REGIONAL

El área del Proyecto Angostura forma parte del Macizo de Santander, en su parte central, conformado por un complejo de rocas metamórficas Predevónicas, rocas ígneas Mesozoicas y rocas sedimentarias Paleozoicas-Cenozoicas (Ward et al, 1971).

Las rocas más antiguas del Macizo de Santander que corresponden al Neis de Bucaramanga, el cual está constituido de rocas metamórficas Precámbricas afectadas por metamorfismo dinámico térmico de alto grado, esta formación consta de rocas pelíticas (neises biotíticos), rocas semipelíticas (neises cuarzo-feldespáticos) y rocas máficas (neises hornblendicos, neises biotítico-hornblendicos y anfibolitas) de aspecto bandeado y masivo. Los neises son las rocas más comunes dentro de esta unidad y sus principales minerales son: Cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico, algunas veces biotita, granate, hornblenda o sillimanita. (García y Campos, 2000).

La Formación Silgara en la zona sur-occidental que corresponde a rocas metamórficas de grado bajo a medio, de edad Cámbrico-Ordovícico, comprende rocas pelíticas (esquistos micáceos, granatíferos y estauroliticos), rocas semipelíticas (esquistos cuarzo-feldespáticos, micáceos, cuarzosos, cuarcitas feldespáticas, cuarcitas moscovíticas), rocas máficas (esquistos anfibolíticos) y rocas carbonatadas (mármol). (García y Campos, 2000).

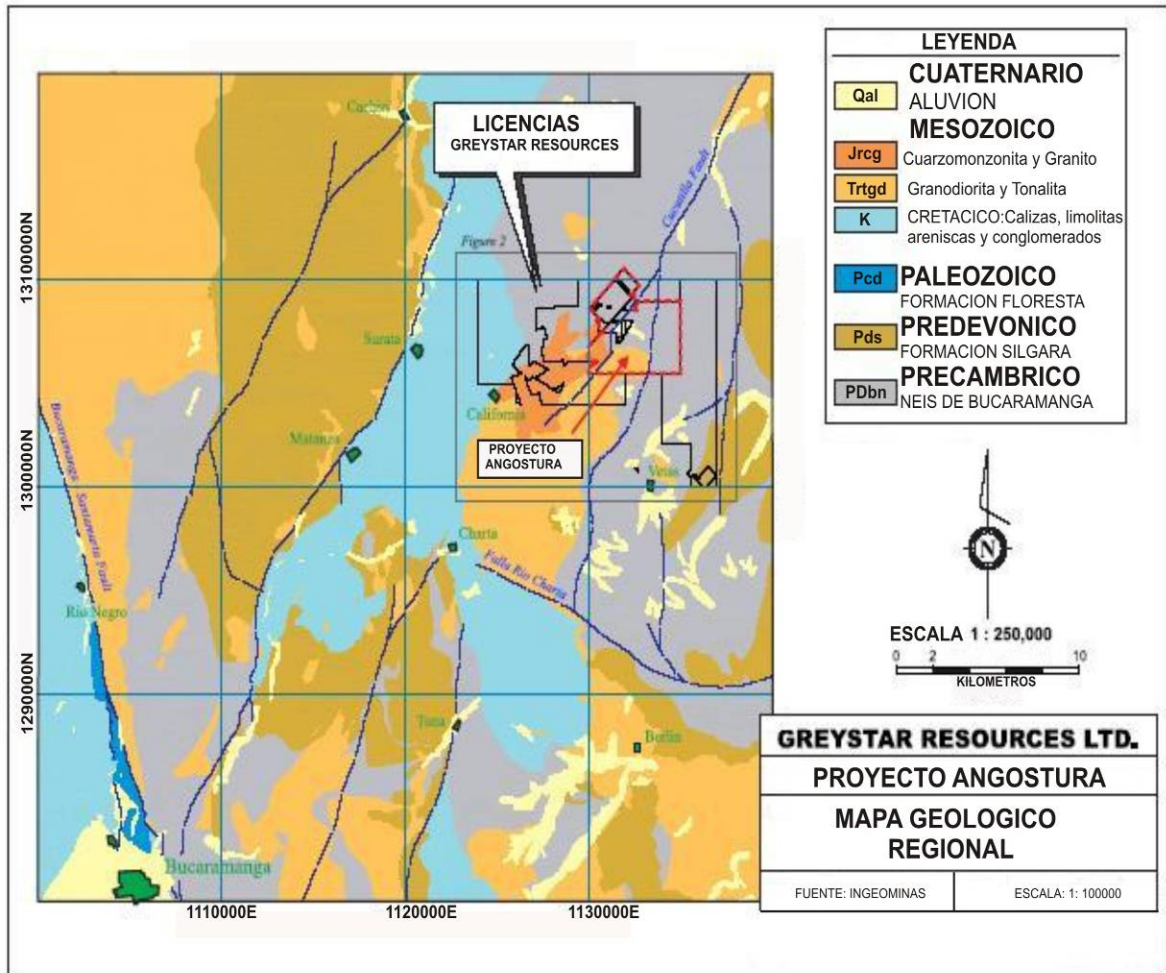
Las dos unidades anteriores en algunos sectores han sido intruidas por Ortoneis de edad Ordovícico a Devónico Inferior, que corresponde a rocas plutónicas metamorfoseadas de composición variable entre granito y tonalita.

El Macizo de Santander presenta localmente cuerpos intrusivos que muestran una tendencia de emplazamiento N-S con edades que van del Pérmico al Triásico Temprano, de composición variable, desde diorita a granito.

Al oeste de California aflora la Unidad Cretácica de rocas sedimentarias subyaciendo a las rocas más antiguas del antiguo basamento, correlacionado con el evento de deformación andina, correspondientes a una secuencia marina transgresiva formada por limonitas negras, blandas y duras localmente calcáreas, calizas, hacia la parte superior ocurren mantos de carbón, conglomerados y areniscas aparecen hacia la parte inferior.

En esta parte del Macizo se caracteriza por presentar depósitos fluvio-glaciales que definen geformas de circos glaciares en cercanía a las lagunas, valles en U y morrenas.

Figura 3. Esquema Geológico Regional.

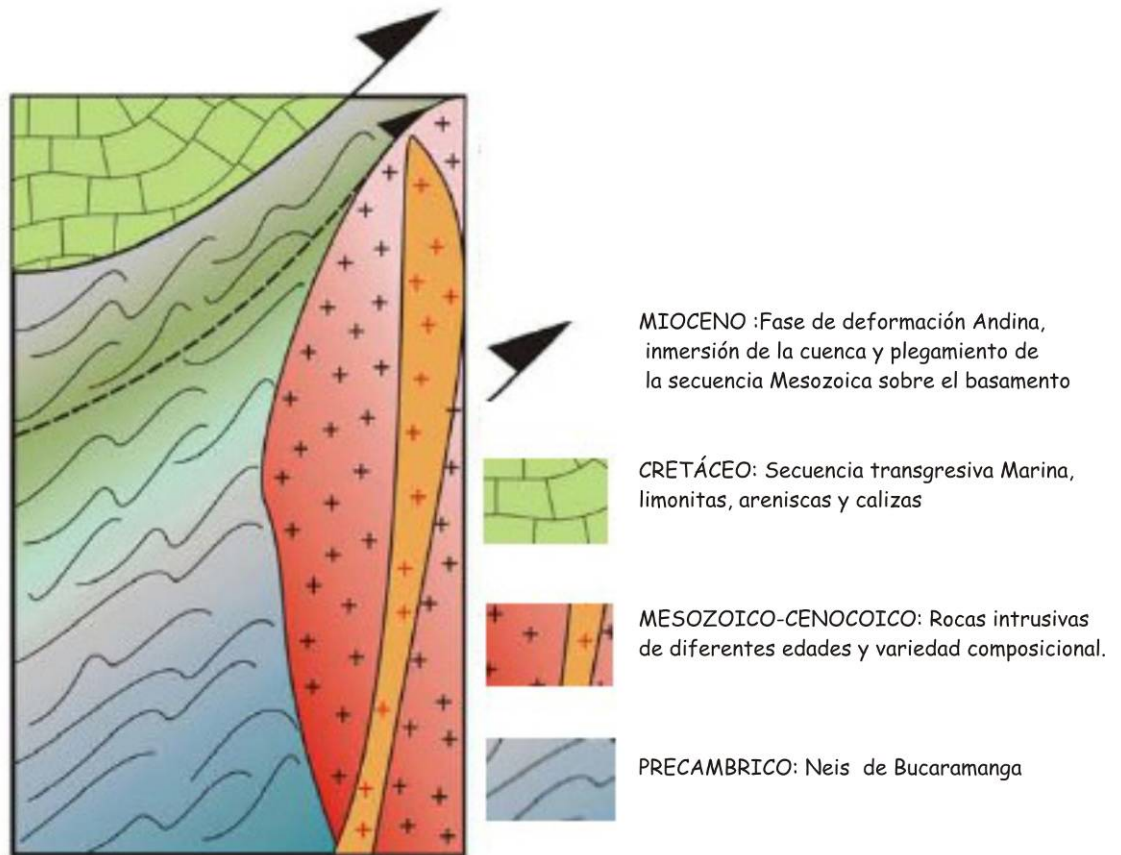


(Modificado de Technical Report, Project Angostura, 2004)

El rasgo estructural más importante del Macizo de Santander es la falla de Bucaramanga, quien lo limita en su parte occidental, tiene una extensión regional desde el extremo sur del Macizo de Santander hasta la Costa Caribe al oeste de Santa Marta, dominando el patrón de fracturamiento en casi todo el Macizo de Santander. Esta falla es de rumbo con movimiento sinistral y presenta componente vertical en algunos lugares (Ward et al, 1971).

Varias fallas se ubican en la parte central del macizo, la mayoría de ellas con rumbo NE destacándose los sistemas de falla Romeral-Cucutilla, y la Baja-Angosturas, estos sistemas de fallas son interpretados como parte del sistema de fallas regional de Boconó rumbo deslizantes lateral derecho (Hornes J., 2005)

Figura 4. Columna Estratigráfica Generalizada del área de California.



(Tomada de Hornes J.;2005)

4. ANTECEDENTES

Los yacimientos auroargentíferos del distrito minero Vetas-California han sido objeto de diferentes estudios geológico-mineros, enfocados principalmente a la cartografía, geoquímica, prospección, exploración, extracción y beneficio. Importantes estudios realizados por entidades estatales como Ingeominas, universidades como la Universidad Industrial de Santander y privadas como Greystar Resources, han sido publicados y presentados en eventos científicos nacionales e internacionales; desarrollándose además convenios interinstitucionales, la mayoría de los cuales son inéditos. Varias tesis de grado han tenido como objeto el estudio de diferentes minas tanto de Vetas como de California.

A continuación se hace referencia de algunos de los trabajos publicados acerca de este distrito minero:

En el trabajo de Ward et al. (1973) se presenta la cartografía escala 1:100000 de los cuadrángulos H12 y H13, los cuales corresponden a Bucaramanga y Pamplona respectivamente. Se describen las unidades litológicas, sus relaciones, edad, composición y los rasgos estructurales de esta zona del Macizo de Santander, donde se encuentra enmarcado el distrito minero Vetas-California.

Mendoza y otros en 1979, realizaron la prospección geoquímica de la zona de California, mostrando que las zonas de mayores anomalías geoquímicas coinciden con las áreas donde se desarrollan trabajos de explotación en la región, mencionan además como el sistema estructural presente en el área esta estrechamente relacionado con la mineralización. El tamaño del oro lo definen de tipo submicroscópico.

Polania en 1982, definió los yacimientos de California como filonianos epitermales del tipo pechblenda-pirita, caracterizados por un contenido apreciable de oro y plata. La formación de estas mineralizaciones el autor las relaciona con fracturas sigmoidales y diagonales a la falla de la quebrada la baja, las cuales sirvieron como conducto de las soluciones mineralizadoras que originaron numerosos filones de cuarzo con pirita como mineral metálico predominante. Reporto además varios minerales secundarios de uranio.

En 1991 Pinto, E. en su estudio de la mina La Bodega (California), relaciono el yacimiento como el resultado de pulsos mineralizantes controlados por tectonismo local y regional. Lo clasifica como un depósito tipo hidrotermal, asociado a rocas ácidas, con minerales como digenita, bornita y calcopirita rellenando fracturas con

abundante cuarzo y pirita; asociado a alteraciones como sericitización y argilización principalmente.

La geología y geoquímica de la mina San Cayetano (California), en 1993, establecida por Diaz y Vargas, describe tres fases mineralizantes, en filones orientados en una dirección preferencial N50-60°W, paralela a la dirección de máximos esfuerzos compresionales. Establecen una relación directa entre Au: Ag e inversa entre Au:As,

En el estudio geológico y metalogénico de la mina Barbacoas (California), Aceros y Castellanos en 1993 describieron que la mineralización presenta un fuerte control estructural por parte de diaclasas tensionales con direcciones e inclinaciones preferenciales N60-85°E Y 60-80°NE, concluyendo que la asociación mineralógica mas frecuente es cuarzo, pirita, galena, blenda y calcopirita. Las zonas de alteración hidrotermal corresponden a argilización, sericitización y propilitización.

Diaz y Orozco en 1993 realizaron la geología y prospección minera del cerro Morro Rueda en Vetas, concluyendo que las manifestaciones auríferas se concentran en un área de unas 100 hectáreas, determinadas por la proyección de cuatro filones, concluyendo además que el contenido de oro y plata es bajo y teniendo en cuenta los altos costos de extracción y beneficio, la explotación del yacimiento tiende a ser subeconómica.

Shaw R. en el 2000, relacionó las mineralizaciones de oro en el norte de los Andes, con su ubicación geográfica y su alta actividad tectonomagmática la cual permitió la formación de ocurrencias minerales por hidrotermalismo. Se refiere a las mineralizaciones de oro de Vetas y California emplazadas en plutones de edad Jurásico-Cretácica, intruidos en rocas metamórficas de edad Paleozoica y Precámbrica en el Macizo de Santander. Describe de manera general las mineralizaciones en cuanto a su génesis, asociaciones minerales, alteraciones y geoquímica entre otras.

P.Herb,L y otros en el 2000, describieron el impacto que produce la actual recuperación de oro en el distrito minero Vetas-California, en el agua del río Suratá. Menciona la importancia de conocer las características texturales del oro y su asociación mineralógica para desarrollar métodos de recuperación apropiados y reducir la polución ambiental. Significativas diferencias fueron encontradas en los análisis petrográficos y geoquímicos realizados en el distrito, lo que los lleva a deducir: un probable depósito de alta sulfuración para California y un depósito de baja sulfuración para Vetas.

Mathur et al (2002), Asocia la mineralización aurífera epitermal en la zona nor-este de Bucaramanga, Santander, a un pórfido dacítico del Cretáceo Superior a Terciario temprano. Uso el método de datación Re-Os en sulfuros ricos en oro

concentrados por gravedad en un intento para determinar tanto las edades de los depósitos epitermales y las posibles relaciones genéticas entre el porfido y la mineralización epitermal. Fue posible determinar una edad Re-Os para el concentrado de California (mina la Bodega) de 57 ± 10 Ma. Deduce que los distritos mineros de California y Vetas son de diferentes estilos de mineralización, de alta y bajo sulfuración respectivamente.

Siguiendo la misma idea, García y Uribe, en el 2003 en un estudio de la mina los Delirios (Vetas) mostró que la mineralización auroargentífera, corresponde a un depósito hidrotermal que por sus características mineralógicas, de alteración (filica) y mineralización dominante Au-Ag-Pb se asemeja a un tipo epitermal de baja sulfidización.

MINERCOL (2002) en el informe final de integración de áreas del municipio de California, hacen una descripción de la geología local, estructural y de las mineralizaciones, en donde relacionan genéticamente el yacimiento auroargentífero con las rocas ígneas intrusivas félsicas encajantes de la mayoría de las mineralizaciones, correspondiente a el tipo de depósito de relleno de cavidades a través de vetas de fisura; presentándose el oro en forma muy fina a microscópica. Reportando un enriquecimiento de pirita como sulfuro predominante de la mena y la presencia de galena, esfalerita, enargita y calcopirita, distribuidas localmente en cantidades muy bajas. Según el estudio petrográfico y mineralógico definieron dos pulsos mineralizantes: una primera fase caracterizada por relleno de fracturas, en la que se emplazaron en su orden: cuarzo-pirita-galena-blenda-calcopirita-oro y plata. La segunda fase de reemplazamiento caracterizada por la paragenesis cuarzo-pirita-oro-plata.

En el 2003 Gonzáles y Rodríguez, realizaron un estudio de las menas auroargentíferas en la mina Reina de Oro (Vetas), buscando definir aspectos geológicos y mineralógicos que tuvieran relación en los procesos de beneficio, determinaron principalmente la textura, forma, tamaño y asociación del oro. Dentro de sus conclusiones reportan que los minerales encontrados en la mena fueron: oro, pirita, magnetita, escalerita, galena, calcopirita, ilmenita, arsenopirita, pirrotina y hematina. La alteración hidrotermal identificada fue argílica moderada y argílica.

La empresa Canadiense Greystar Resources desde 1995 hasta la actualidad ha realizado un detallado estudio exploratorio de oro en el distrito minero de California, denominado "Proyecto Angostura" convirtiéndose en uno de los más importantes en Colombia, ya que de acuerdo a los resultados publicados hasta abril del 2005, catalogan el depósito como el de mayor reserva a nivel Colombiano y uno de los mas importantes en Sur América, generando grandes expectativas tanto nacional como internacionalmente.

Felder, F. et al (2000) , hace una descripción de la geología regional y local, génesis, mineralizaciones, alteraciones, control estructural y estimaciones económicas del depósito. En su trabajo caracteriza el depósito como epitermal de alta sulfidación donde la ocurrencia del oro está en forma libre o como teluros de oro-plata y teluros de bismuto, y las estructuras tabulares mineralizadas parecen coincidir con las zonas de intenso cizallamiento y brechificación. Basándose en estudios geoquímicos se estableció una fuerte relación del Au con la Ag y el Fe, moderada con el Cu, Bi, As, Mo y débil a ninguna con el Pb y Zn. Además se describieron las relaciones texturales del oro y otros minerales de la mena.

En el reporte técnico de la Greystar Resources de abril de 2005, exponen que el proyecto se encuentra en desarrollo de la segunda fase de exploración, reportando que hasta febrero de 2005 se han realizado 315 perforaciones completando un total de 96627m de muestreo. Continuos análisis estadísticos y de tenores han complementado la caracterización de la mineralización. Se describen tres estilos de mineralización, constituidos por: venas, stockworks y diseminación, sus respectivas características texturales y tenores encontrados. Información complementaria se encuentra en este reporte en cuanto a la historia de exploración, metodología de perforación, método para la estimación de reserva, modelamiento del depósito, base de datos, entre otros.

Los diferentes estudios geológicos, mineralógicos, estructurales y ambientales realizados en el distrito minero Vetás-California han permitido obtener un conocimiento de las mineralizaciones y establecer las diferencias y particularidades de cada zona (Vetas-California) sirviendo como guía para nuevas áreas de exploración y desarrollar procesos alternos para mejorar la extracción y beneficio.

Enfatizando en el Proyecto Angostura, se observa un excelente trabajo exploratorio, con una amplia recopilación, tratamiento y análisis de información que hace confiable la estimación de reservas del mineral. Estudios generales petrográficos y geoquímicos han permitido describir características texturales del oro, asociación con otros minerales de la mena y modo de ocurrencia, pero no se ha llevado a cabo un estudio detallado en el cual se pueda determinar y relacionar las asociaciones mineralógicas de las menas auroargentíferas con su distribución espacial en el yacimiento Angostura

5. METODOLOGIA

El proyecto se desarrollo en varias etapas como se muestra en la siguiente figura:

Figura 5. Diagrama metodológico. Etapa I y II: Fase de precampo y fase de campo

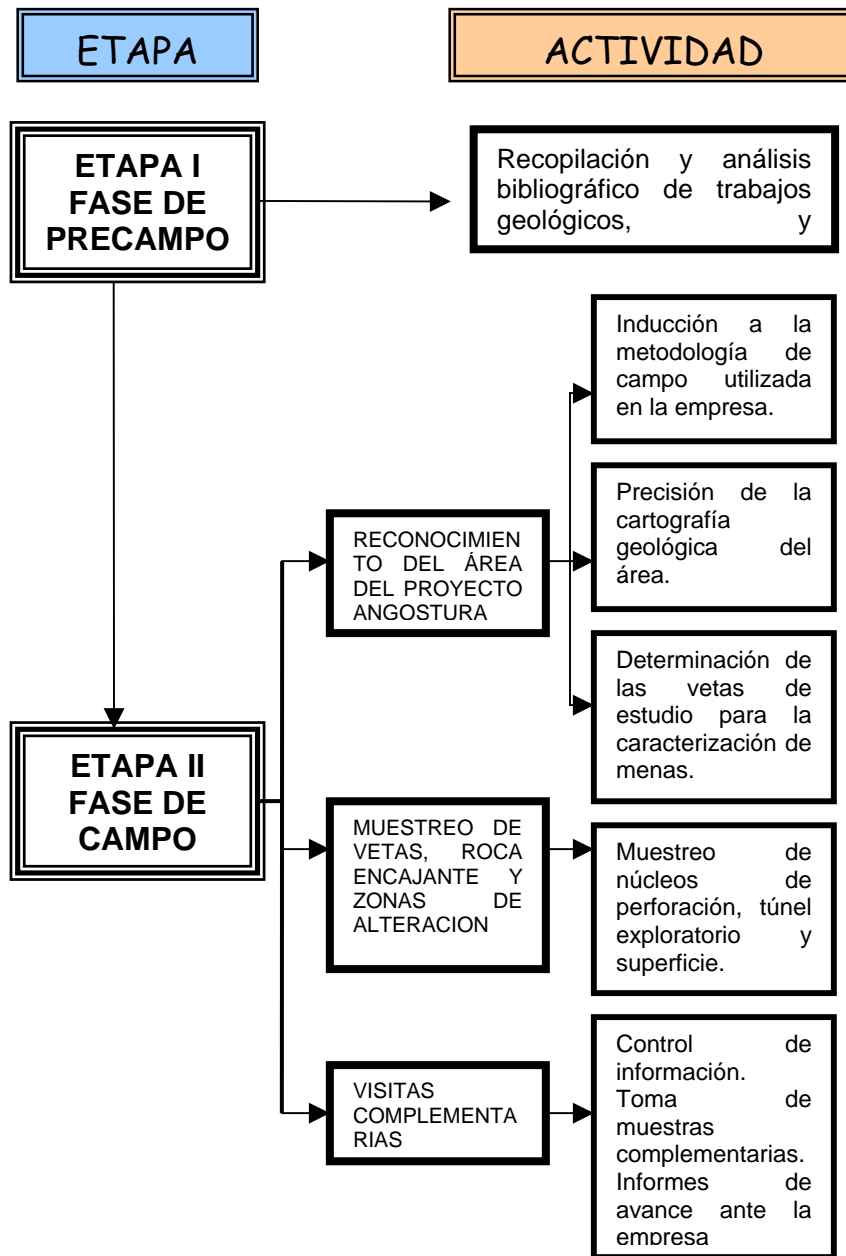
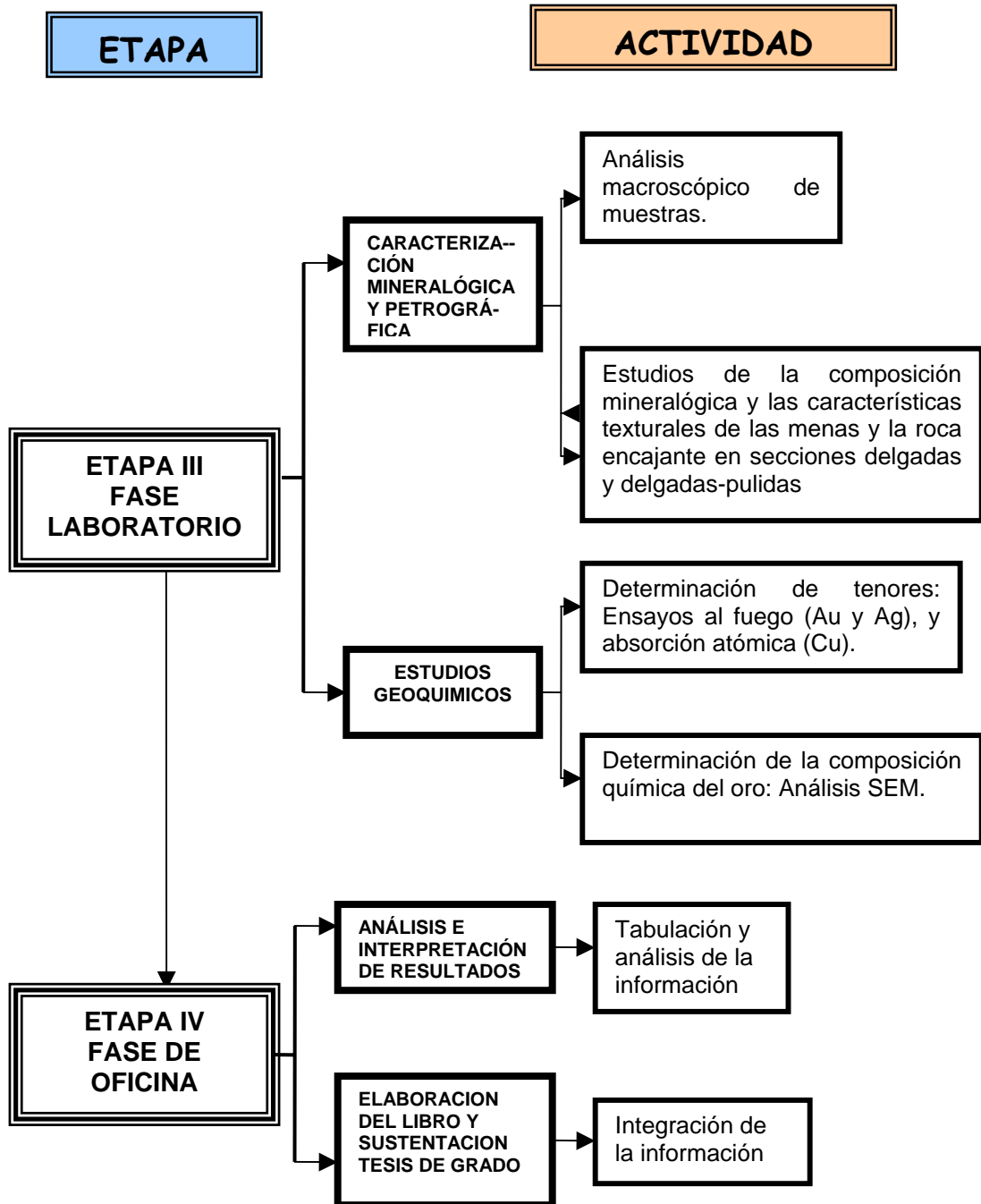


Figura 6. Diagrama metodológico. Etapa III y IV: Fase de laboratorio y fase de oficina



5.1 ETAPA I: FASE DE PRECAMPO

Se realizó la recopilación y análisis bibliográfico de los estudios previos realizados del distrito minero Vetas-California donde se encuentra ubicada el área de estudio. Dicha información fue consultada en la biblioteca de la Universidad Industrial de Santander, Ingeominas, Centro de estudios de geología, Informes del director del Proyecto y de la Compañía Greystar Resources e Internet; en documentos como proyectos de grado, revistas, reportes técnicos, artículos, boletines y mapas geológicos. El análisis de dicha información se relaciona en el capítulo de antecedentes

5.2 ETAPA II: FASE DE CAMPO

Se realizó en tres subetapas:

En la **primera** subetapa se llevó a cabo el reconocimiento del área del Proyecto Angostura con el desarrollo de las siguientes actividades:

- **Inducción a la metodología de campo utilizada en la empresa:** Esta actividad consistió en el reconocimiento de alteraciones hidrotermales y diferentes estilos de mineralización en muestras de mano, así como la nomenclatura y terminología utilizada en el proyecto Angostura; revisión de mapas: topográficos, geológicos, de alteraciones geoquímicas, cortes topográficos; inducción al modelo geológico del yacimiento y a los diferentes software utilizados para el modelamiento y manejo de la información. Esta actividad se desarrolló en las instalaciones de la empresa y los laboratorios de geología ubicados en el Campamento del Proyecto, con la orientación del equipo de profesionales del Departamento de Geología.
- **Precisión de la cartografía geológica del área:** Esta actividad se desarrollo haciendo un cubrimiento detallado por carreteras, caminos, plataformas de perforación y curso de quebradas para reconocer superficialmente las diferentes litologías aflorantes en el área, el efecto que las alteraciones hidrotermales provocaban en la roca caja de la mineralización, las estructuras del terreno, sus geoformas y distribuciones. Esta actividad estuvo acompañado por un muestreo de roca en afloramientos (Ver anexo 1 y 2).
- **Determinación de las vetas de estudio para la caracterización de menas:** Esta actividad consistió en escoger nueve bloques tabulares llamados: “**vetas**” de las 145 que forman el modelo del yacimiento

Angostura (ver figura 21) .Cada veta agrupa un conjunto de estructuras mineralizadas que conservan características estructurales similares en una ubicación espacial determinada. Las vetas 7, 10, 12, 15, 23, 29, 52, 554 y 650 fueron las seleccionadas para el estudio por el equipo de profesionales del Departamento de Geología de la empresa, buscando un buen cubrimiento del área y con el objetivo de caracterizar algunas de las estructuras mineralizadas más significativas del yacimiento.

La **segunda** subetapa se llevó a cabo el muestreo de las vetas, roca caja y zonas de alteración con el desarrollo de las siguientes actividades:

- **Descripción de vetas en superficie:** Muestreo y descripción geológica de las vetas aflorantes en superficie, zonas de alteración y roca caja.
- **Descripción de vetas en túnel:** Muestreo y descripción geológica detallada de las vetas que se interceptaban con el túnel exploratorio Perezosa II.
- **Selección de las muestras para el estudio petrográfico:** Se seleccionaron las muestras para la elaboración de las secciones delgadas-pulidas para la caracterización mineralógica de las vetas de estudio teniendo en cuenta la información de tenores de oro, plata y cobre y las coordenadas de las muestras que hasta julio de 2005 constituían cada veta.
- **Ubicación de las muestras seleccionadas para el estudio petrográfico** Esto se realizó en las bodegas de la empresa en California y Bucaramanga, buscando las cajas de núcleos de perforación, cortando la parte que presentaba mayor concentración de sulfuros para elaborar las secciones delgadas-pulidas.

La **tercera** subetapa se llevó a cabo por medio de visitas adicionales a campo con el fin de corroborar información, toma de muestras complementarias y presentar informes de avance ante los directivos de la empresa.

5.3 ETAPA III: FASE DE LABORATORIO

Análisis petrográficos y mineralógicos:

- **Análisis macroscópico de muestras:** Se estudió la composición mineralógica y los rasgos estructurales de las muestras de mano tomadas

en el reconocimiento de campo (ver anexo 2) y se escogieron 11 de estas muestras para elaborar secciones delgadas.

- **Análisis de secciones delgadas:** Se elaboraron las 11 secciones delgadas en el laboratorio de preparación de muestras de la Escuela de Geología y su análisis se llevo a cabo con la ayuda de un microscopio de luz transmitida, marca Nikon, y un contador digital de minerales marca Prior ubicados en el Laboratorio de Geología, sede Guatiguará. (Ver anexo 3).
- **Análisis de secciones delgadas-pulidas:** Se elaboraron 47 secciones delgadas-pulidas para el estudio petrográfico de las menas en el laboratorio PetraSciense Consultants Inc en Vancouver-Canadá. El análisis petrográfico se realizó con la ayuda de un microscopio de luz transmitida y uno de luz reflejada ambos marca Nikon y un contador digital de minerales marca Prior ubicados en el laboratorio de Geología, sede Guatiguará. (Ver anexo 4). Se analizó la composición mineralógica, textura, tamaño de grano y asociaciones mineralógicas de las vetas; ocurrencia, tamaño y forma del oro y la relación con otros minerales de la mena y de la ganga en las secciones en las que se logró su identificación.
- **Análisis de estudios geoquímicos:** Se llevaron acabo las siguientes actividades:
 - ✓ Se realizó un análisis estadístico de frecuencias para los resultados de tenores de oro y plata obtenidos por ensayo al fuego y la distribución del porcentaje de cobre obtenido por absorción atómica, para las muestra de cada veta de estudio (datos facilitados por la empresa).
 - ✓ Posteriormente se revisaron los resultados de los análisis SEM-EDS y SEM-EDX, realizados anteriormente por la empresa y se complementaron con el análisis SEM de tres muestras del estudio buscando obtener la química del oro en sus diferentes ocurrencias.

5.4 ETAPA DE OFICINA

Se llevo a cabo el análisis de resultados, la tabulación de la información, elaboración del documento final y sus respectivos anexos.

6. GEOLOGIA DEL YACIMIENTO ANGOSTURA

6.1 UNIDADES LITOLÓGICAS

Las unidades aflorantes en la parte central del proyecto Angostura, donde se concentran los trabajos exploratorios, consisten en rocas metamórficas pertenecientes a la unidad **Neis de Bucaramanga** de edad Precámbrica considerada como la más antigua, intruida por un grupo de cuerpos de composición **tonalítica** de edad Mesozoico en la zona nor-occidental y oriental del área con **monzogranitos** no cartografiables (escala 1:10000) distribuidos en la zona y **metagabros** en la parte occidental sobre la quebrada Páez y vía a veta de Barro.

En los trazos de algunas fallas locales se observan pequeños afloramientos de tectonitas producto de los diferentes esfuerzos a los cuales ha sido sometido el bloque del proyecto Angostura (Ver anexo 1).

La mineralización producto de la actividad hidrotermal genera una fuerte alteración de la roca encajante, ocasionando en algunos sectores el enmascaramiento total de la roca y el oscurecimiento de sus características originales. Son comunes en toda el área venas de cuarzo, filones mineralizados y bandas de minerales arcillosos, epidota, sericita y clorita en zonas de alteración.

6.1.1 Rocas Metamórficas

Las rocas metamórficas varían composicionalmente entre **neis cuarzo - feldespático, anfibolitas, neis biotítico - hornblendítico** y **migmatitas**, sin conservar una distribución uniforme dentro del área.

Esta unidad metamórfica es la roca huésped principal de la mineralización del yacimiento Angostura, su reconocimiento en campo algunas veces se dificulta por las alteraciones hidrotermales como argilización, silicificación y sericitización, que enmascaran la roca original. La mayoría de los afloramientos se encuentran bastante oxidados con patinas o películas de hematita, limonita e ilmenita producto de la oxidación de sulfuros. (Ver figura 8)

Figura 7. Vena de cuarzo mineralizada dentro del neis biotítico - hornblendítico. A. Detalle del contacto entre el neis biotítico - hornblendítico y la vena mineralizada. B. Detalle de la silicificación, cuarzo recristalizado.

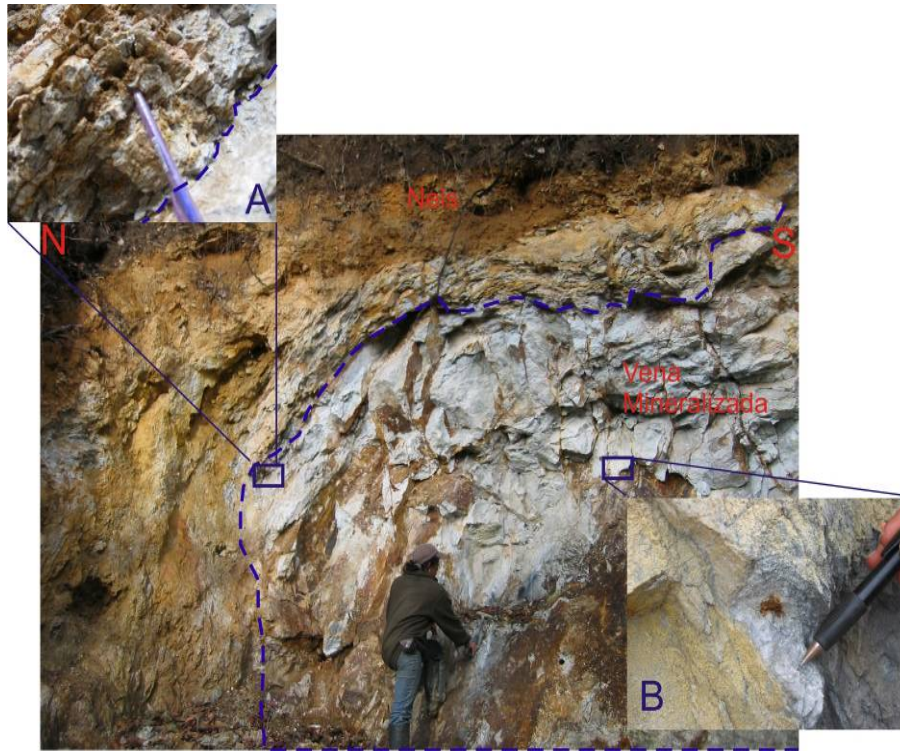


Figura 8. Alteraciones hidrotermales comunes en el área del proyecto Angostura. A. Argilización moderada, material blanco arcilloso. B. Silicificación avanzada, formación de chert. C. Patinas de óxidos, hematita y limonita con cuarzo buggy. D. Seritización moderada.

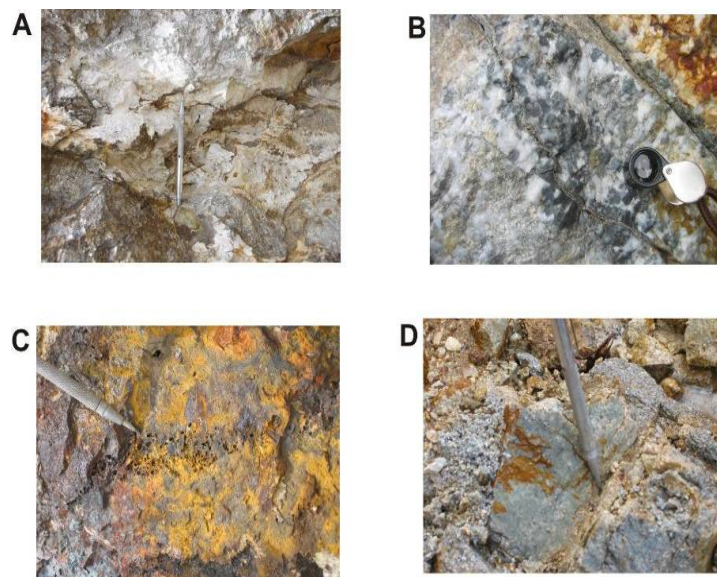
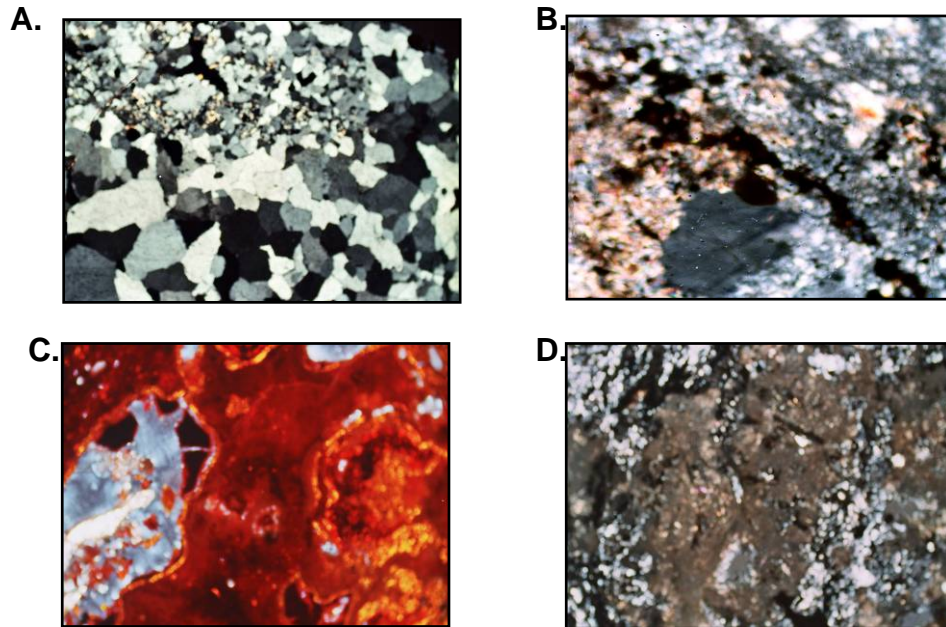


Figura 9: Diferentes tipos de alteración vistas bajo el microscopio de luz transmitida. **A.** Fuerte silicificación en forma de cemento de brecha. **B.** Sericitización, producto de la alteración del feldespato, atravesada por una venilla de sulfuros (negro). **C.** Fuerte hematización. **D.** Manchas de minerales arcillosos (marrón), mezcladas con cuarzo y sericita microcristalino y sulfuros diseminados. Nicoles cruzados (Muestras A003803, B289924, 563975, 1336651)



6.1.1.1 Neis Cuarzo-feldespático

Aflora en la zona noreste del área del proyecto, a borde de la carretera Nueva Alta - Laches.

Es una roca de color rosado - grisáceo, maciza, brillo vítreo, de grano fino a medio, formada por bandas claras de cuarzo y feldespato (4 mm) y oscuras de biotita (1mm), bien diferenciadas.

Composición mineralógica

Microscópicamente se observaron individuos de grano medio de cuarzo, biotita₁, feldespato potásico y plagioclasa levemente sericitizados y alineados definiendo la foliación principal de la roca (S_n), la cual esta siendo cortada por una foliación (S_{n+1}) formada por individuos de biotita₂ de mayor tamaño y minerales opacos de

grano grueso los cuales se encuentran alineados y eventualmente distribuidos al azar. Venillas de epidota y carbonatos se encuentran rellenando fracturas.

Cuarzo (53%): Se presentan de dos maneras:

Cuarzo1: Individuos heteroblásticos xenoblásticos con bordes irregulares formando bandas polimineraleas con el feldespato potásico y la plagioclasa, orientado en dirección del bandeamiento principal (S_n). Levemente fracturados.

Feldespato potásico (18%): Individuos homeoblásticos xenoblásticos de grano medio, formando bandas polimineraleas con el cuarzo y plagioclasa, alineado en la misma dirección del bandeamiento principal, presentando sericitación moderada en los bordes de los cristales y a manera de parches sobre este.

Sericita (5%): Agregados escamosos muy finos e incoloros, rodeando los bordes de los individuos de feldespato potásico a manera de parches sobre este y diseminados en toda la sección.

Biotita (12.75%): Se presentan dos generaciones de biotita:

Biotita1: Individuos tabulares heteroblásticos xenoblásticos de hábito laminar, formando bandas polimineraleas junto con la plagioclasa, cuarzo y feldespato potásico, formando la foliación principal (S_n).

Biotita2: Individuos tabulares heteroblásticos xenoblásticos de mayor tamaño que la biotita1, alineada con los sulfuros, definiendo una foliación secundaria (S_{n+1}) que corta la foliación principal.

Clorita: Mineral producto de la alteración de las biotitas, la cual la reemplaza desde los bordes hacia el centro, conservando su misma dirección de bandeamiento.

Plagioclasa (10.25%): Individuos heteroblásticos subidioblásticos, formando bandas polimineraleas con el cuarzo y el feldespato potásico, los cuales se encuentran levemente orientados, en la dirección de las bandas de biotita.

Minerales arcillosos : Está se presentan como manchas marronsaceas, sobre los agregados de cristales cuarzo feldespáticos, dándoles un aspecto turbio.

Minerales opacos (2.5%): Individuos heteroblásticos subidioblásticos a xenoblásticos de geometrías variadas desde adiamantadas hasta xenoblásticas,

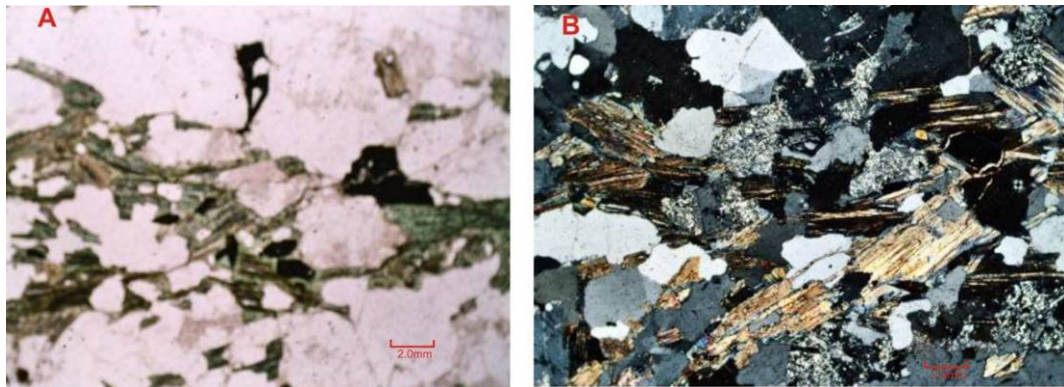
incluidas en los planos de exfoliación de la biotita y diseminadas sobre las bandas poliminerales.

Apatito (T): Individuos homeoblásticos idioblásticos incluidos en los feldespato y asociados a las biotitas.

Epidota (T): Individuos formando agregados granulares., asociada a la biotita, feldespato potásico y cuarzo.

Calcita (T): Venillas relleno las fracturas del cuarzo y feldespato.

Figura 10: A. Neis cuarzo-feldespático mostrando una textura lepidogranoblástica, donde se observan bandas de biotita asociadas a minerales opacos formando la foliación secundaria (S_{n+1})
B. Foliación principal (S_n), cortada por la secundaria (S_{n+1}). (Muestra M119575).



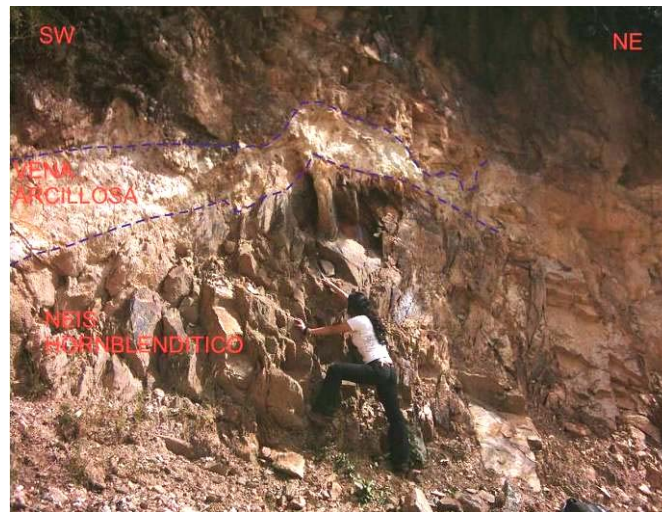
- ✓ **Textura:** Lepidogranoblástica.
- ✓ **Paragénesis:** Cuarzo + plagioclasa + feldespato potásico + biotita1
- ✓ **Facie :** Anfibolita
- ✓ **Zona:** Silimaníta superior.

6.1.1.2 Neis biotítico- hornblendítico.

Los mejores afloramientos se observan en la margen derecha de la vía a veta de barro y a la margen izquierda de la vía a laches.

Es una roca color marronsaceo verdoso a negro, de grano medio a fino, estructura néisica, con bandas de 1mm de anfíboles, cuarzo y micas alargadas y deformadas.

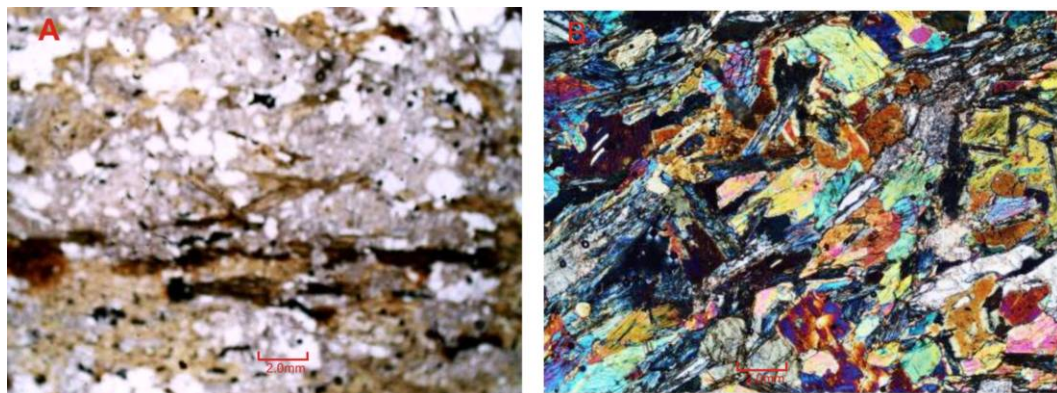
Figura 11. Afloramiento del neis biotítico-hornblendítico con una vena arcillosa bordeándolo en la parte superior.



Composición mineralógica

Roca formada por individuos heteroblásticos subidioblásticos a xenoblásticos de biotita y hornblenda, en contacto neto y penetrativos entre ellas, orientadas definiendo una estructura bandeada asociada a minerales opacos, con individuos de cuarzo y plagioclasa alineados y rodeados por agregados escamosos de sericita, minerales arcillosos, con venillas de hematita. Textura lepidogranoblástica a granonematoblástica. Presenta una sericitización, argilización y silicificación moderada. (Ver Anexo 3 muestra M119975).

Figura 12: Características del neis hornblendítico-biotítico. Bandas de biotita en contactos irregulares y netos con la hornblenda asociadas a minerales opacos, rodeados por agregados de sericita microcristalina, cuarzo y feldespato. (Muestra B289861).



Hornblenda (0-52.5%)

Individuos heteroblásticos subidioblásticos, Se observan dos variedades morfológicas una alargada y la otra isométrica, conformando la estructura bandeada de la roca y se encuentra distribuida en toda la sección desarrollando contactos netos y penetrativos con la biotita.

Biotita (27.5-49%): Individuos homeoblásticos subidioblásticos de grano medio, pleocrícos pasando de verde marronsaceo (Z) a verde oscuro (Y), desarrollando contactos netos y penetrativos con la hornblenda, alineados formando la foliación principal de la roca.

Plagioclasa (1.5-8%): Se presenta dos variedades morfológicas:

Plagioclasa1 (1.5%): Individuos homeoblásticos xenoblásticos, presentando eventualmente maclas polisintéticas, levemente alargados, asociados con el cuarzo y feldespato, distribuyéndose hacia los bordes de la sección. Sericita de hábito escamoso, rodea los individuos en sus bordes y a manera de parches sobre estos.

Plagioclasa2 (6.5%): Individuos homeoblásticos subidioblásticos, formados dentro de los planos de exfoliación de la biotita, en contacto neto con esta, distribuidos en la sección.

Sericita (8.5%): Agregados escamosos muy finos e incoloros, rodeando los bordes de los cristales, a manera de parches sobre estos y diseminados en toda la sección.

Cuarzo (3.5-36.5%): Individuos heteroblásticos xenoblásticos, con extinción ondulante y lámelas de deformación, asociado a la plagioclasa1 en contacto neto, y rodeado de sericita en los bordes de los individuos.

Minerales opacos (2.5%): Individuos homeoblásticos xenoblásticos, asociados a las bandas de cuarzo1 y biotita, penetrando dentro de los planos de exfoliación o diseminadas sobre ellas.

Epidota (T): Agregados granulares formados por individuos xenoblásticos homeoblásticos de grano medio, pleocrícos, amarillo pálido a verde-amarillo, y asociados a la hornblenda.

Minerales arcillosos (T): Manchas marronsaceas distribuidas con la sericita y sobre cuarzo, dándole un aspecto turbio a la sección y rodeando las bandas y agregados de biotita y hornblenda.

Presenta una alteración sericitica moderada y argilización baja. (Ver Anexo 2 y 3 muestras B289857, B289861 y B289870).

- ✓ **Textura:** Lepidogranoblástica.
- ✓ **Paragénesis 1:** Cuarzo + plagioclasa + biotita
Paragénesis 2: Hornblenda +plagioclasa+ cuarzo
- ✓ **Facie :** Anfibolita
- ✓ **Zona:** Silimaníta superior.

6.1.1.3 Migmatitas

Su distribución es irregular dentro del neis, los mejores afloramientos se observan (al lado este de la quebrada angosturas) en la margen derecha de la carretera que conduce al campamento desde el túnel (Perezosa II) y en el comienzo de la carretera campamento- veta de barro.

Se presenta como una roca con bandas claras y oscuras de 3 a 15 cm de espesor, con estructura de micropliegue y bandeada. El melanosoma (verde oscuro a negro) composicionalmente presenta hornblenda, muscovita y muy escaso cuarzo y el leucosoma (rosado a blanco) con estructura masiva, composicionalmente presenta cuarzo, plagioclasa y ortoclasa.

Su alteración es argílica y sericítica moderada.

Figura 13. Afloramiento de las migmatitas mostrando la estructura bandeada.

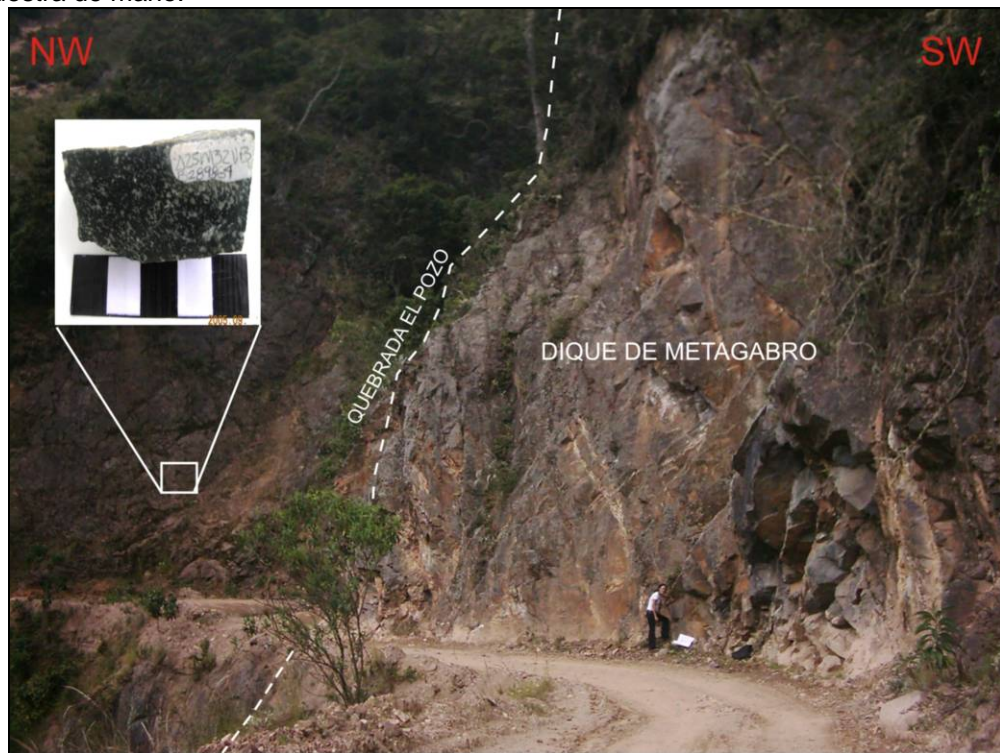


6.1.1.4 Dique de Metagabro

Este cuerpo aflora en la margen izquierda en la vía que conduce de Veta de Barro al campamento pasando la intersección con la quebrada Pozo, su forma es regular alargada en contacto intrusivo con el neis hornblendítico-biotítico. (Anexo 2 y 3. Secciones B289864)

Roca fanerítica de color negro, con cristales blancos alargados, de aspecto moteado, brillo vítreo, estructura masiva, compuesta por minerales máficos, cuarzo, plagioclasas.

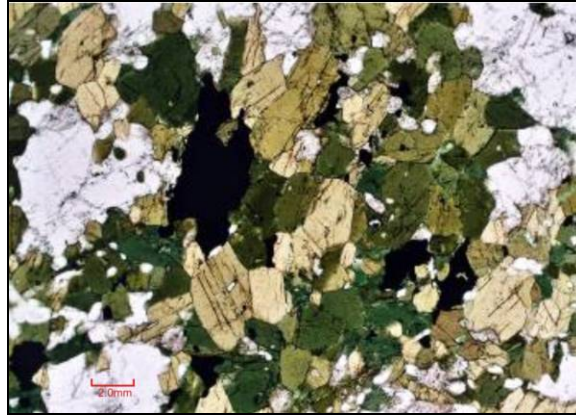
Figura 14. Dique hornblendítico metamorfoseado aflorante sobre la quebrada El Pozo. A. Detalle de una muestra de mano.



Composición mineralógica

Agregados granulares de cuarzo, plagioclasa y feldespato potásico con bandas de hornblenda - biotita y minerales opacos xenoblásticos diseminados, junto con epidota y circones, mostrando una textura heteroblástica lepidogranoblástica.

Figura 15 Características texturales del dique de metagabro. Se observan las bandas de hornblenda, asociadas al cuarzo, feldespato y sulfuros; levemente sericitizada.



Hornblenda (42.63%): Individuos heteroblásticos subidioblásticos, pleocróicos pasando de un verde marronsáceo en (z) a verde oliva en (y), con exfoliación a 50° y 120°, no visible en todos los cristales, alargados formando bandas poliminerales asociada a biotita y los minerales opacos.

Plagioclasa (22.66%): Individuos heteroblásticos xenoblásticos, macla polisintética, con bordes irregulares levemente sericitizados, formando agregados granulares con el cuarzo y el feldespato potásico.

Cuarzo (16.6%): Se presentan dos generaciones:

Cuarzo1 (14.3%): Individuos homeoblásticos xenoblásticos con extinción ondulante, bordes saturados y embahiamientos, en contacto con la plagioclasa y feldespato, alargados en la dirección de las bandas de hornblenda y biotita, con sus bordes rodeados por sericita.

Cuarzo2 (2.3%): Individuos homeoblásticos subidioblásticos, sin extinción ondulante, formando agregados granulares con la plagioclasa sódica y el feldespato potásico, e contacto neto con la hornblenda.

Feldespato potásico (11.33%): Individuos homeoblásticos xenoblásticos de grano medio con bordes saturados levemente sericitizados en los bordes asociado al cuarzo y los plagioclasa sódica.

Biotita (0.66%): Individuos tabulares subidioblásticos homeoblásticos de grano medio, alargados, con bordes irregulares y rodeados por sericita formando parte de las bandas de hornblenda a las cuales se asocia en contacto neto.

Clorita: Se presenta como mineral de alteración, siguiendo la exfoliación y orientación de la biotita en la roca, desarrollándose desde los bordes hacia el centro.

Minerales opacos (1.5%): Individuos homeoblásticos xenoblásticos de grano fino diseminados dentro de las bandas de hornblenda y biotita.

Zircón (0.66%): Individuos homeoblásticos xenoblásticos, muy pequeños levemente redondeados, asociados a las bandas de hornblenda y biotita.

Epídota (0.33%): Agregados xenoblásticos homeoblásticos formado por individuos de grano medio pleocróicos amarillo pálido, asociados a la hornblenda.

Sericita: Agregados microcristalinos de habito escamoso, incoloros, distribuidos sobre toda la muestra, rodeando los cristales de cuarzo, feldespato y la biotita desde los bordes hacia el centro.

6.1.1.5 Tectonitas

Corresponden a la serie cataclástica de rocas producidas por metamorfismo dinámico, las cuales sufren transformaciones estructurales tanto a nivel superficial como a profundidad. Para el área del proyecto varían entre cataclástitas y protomilonitas, según su fábrica y textura.

Se presentan en la zona de nueva alta, sobre fallas satélites a la Falla Páez, En la zona de veta de barro, al final de carretera noreste, sobre fallas satélite a la Falla Angostura. (Ver Anexo 2 y 3 muestra B289869, B289870 y B289861)

Son rocas de colores variables entre verde- marronsaceo a tonos violaceos, foliada, brillo sedoso que presenta bandas deformadas menores a 1 mm de biotita, hornblenda con porfidoblóstos de cuarzo y plagioclasa, en las rocas menos alteradas y lentes de sericita y Minerales arcillosos, venillas de minerales opacos y hematita atravesando la roca.

Composición mineralógica

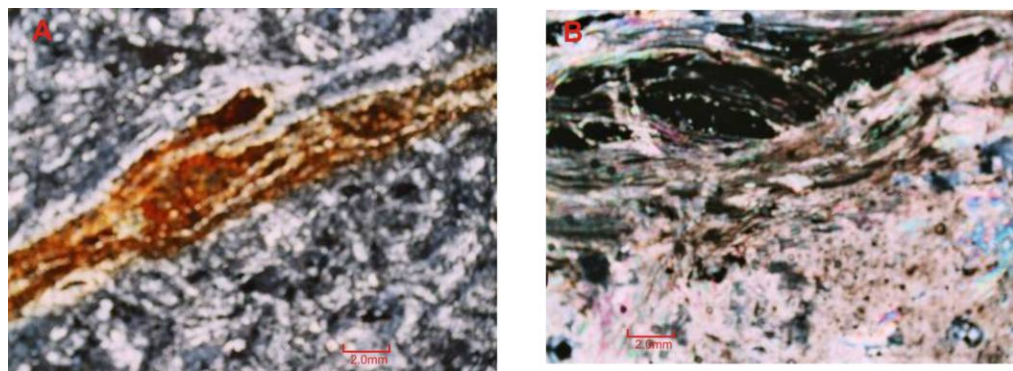
Esta roca de textura deformada a clástica, consiste principalmente de agregados heteroblásticos subidioblásticos a xenoblásticos de biotita levemente cloritizados y hornblenda alargados y deformados, parcial a totalmente reemplazada por sericita, la cual se presenta como agregados laminares microcristalinos con manchas de Minerales arcillosos y hematita. Plagioclasas singenéticas con la biotita se encuentra incluida dentro de sus planos de exfoliación. Minerales opacos se encuentran incluidos dentro de los planos de exfoliación de la biotita y hornblenda

en forma de venillas muy finas atravesando la sección y sobre la sericitia. Porfidoblastos subidioblásticos de muscovita, cortan la alineación principal. En las rocas menos alteradas se observan individuos homeoblásticos xenoblasticos de plagioclasa y cuarzo.

Figura 16. Afloramiento de milonitas en contacto con neis cuarzo-feldespático. A. Detalle de una muestra de mano.



Fotografía 17. A. Textura característica de las tectonitas. **A.** Una matriz de sericita y cuarzo microcristalino (gris claro) dentro de la cual se depositan sulfuros (negros) grano muy fino subhedrales diseminados. Una mancha de óxidos atraviesa la sección en una zona de fracturamiento. (Sección B289892). **B.** Esta sección muestra un porfidoblasto de especuladita con un porcentaje promedio de 70% de matriz. (Sección B289869).



Hornblenda (0-43.33%): Agregados de individuos heteroblásticos subidioblásticos, pleocrícos pasando de un verde marronsaceo en (z) a verde oliva en (y), en contacto saturados con la biotita, y hematita la cual se encuentra rellenando sus planos de exfoliación. Distribuida de manera homogénea por toda la sección altamente deformada y fracturada.

Biotita (39.16-51%): Agregados de individuos homeoblásticos subidioblásticos pleocrícos, pasando de verde marronsaceo (Z) a verde oscuro (Y) de hábito tabular, con bordes irregulares, en contactos netos y penetrativos con la hornblenda, alterándose a clorita y con sus bordes rodeados por sericita. Sus planos de exfoliación rellenos por hematita y plagioclasas alargadas.

Clorita (T): Individuos verde oliva, alterando la biotita desde los bordes hacia el centro y dentro de sus planos de exfoliación.

Hematita (2-5.83%): Manchas naranja-rojizas, rellenando las fracturas y los planos de exfoliación de los individuos de hornblenda y biotita, y atravesando la sección en forma de venillas y manchas acompañando los cristales de sericita

Plagioclasa (0-4.33): Se presentan dos variedades morfológicas:

Plagioclasa (0-1%): Individuos homeoblásticos subidioblásticos de bordes irregulares, distribuidos hacia los extremos de la sección, asociado al cuarzo, alterados parcial a totalmente por sericita.

Plagioclasa (0-3.33%): Individuos homeoblásticos subidioblásticos alargados en forma de lente, de grano medio, creciendo paralelos a los planos de exfoliación de la biotita.

Sericita (4.16-24%): Agregados escamosos muy finos e incoloros, rodeando los bordes de los individuos de biotita, a manera de parches sobre la plagioclasa y diseminados en toda la sección.

Minerales opacos (2.5-10%): Individuos homeoblásticos xenoblásticos de grano fino, asociados a la biotita y la hornblenda, dentro de sus planos de exfoliación y diseminados dentro de la sericita y las minerales arcillosos.

Cuarzo (0-1.66%): Individuos relícticos homeoblásticos subidioblásticos, de bordes irregulares, distribuidos hacia los extremos de la sección, asociado a la plagioclasa, rodeados por sericita y minerales arcillosos.

Muscovita (0-T): Individuos heteroblásticos xenoblásticos con bordes irregulares cortando la dirección de la foliación principal de la roca, rodeada por sericita y minerales arcillosos.

Epidota (0-T): Individuos homeoblásticos subidioblásticos de grano fino, levemente pleocróicos, amarillo pálido en () a verde-amarillo () que varía desde tonos amarillo pálido a ocre claro, redondeados y aislados dentro de la sección.

Minerales arcillosos (T-10): Manchas marronsáceas distribuidas a lo largo de los planos de exfoliación de la biotita, hornblenda y diseminada por toda la muestra junto con la sericita escamosa.

6.1.2 Rocas Igneas

En el área afloran cuerpos de composición félsica (tonalita a monzogranito) intruyendo las rocas del Neis de Bucaramanga. Los cuerpos intrusivos son producto de la actividad magmática Mesozoica ocurrida en el Macizo de Santander, su edad es hasta ahora desconocida, pues no hay estudios radiométricos de la zona de estudio.

Las tonalitas y monzogranitos alteradas en menor grado que el neis, se encuentran fuertemente silicificado y presenta una sericitización y argilización moderada a baja. (Anexo 2 y 3 muestra B289880, B289924, B289894)

Su contacto es neto e intrusivo con en neis biotítico, hornblendítico; próxima a estos contactos se una contaminación con biotitas, atribuidas a asimilación de material de la roca encajante. (Anexo 2 y 3. Secciones B289894-B289824-B289827)

Figura 18. Tonalita aflorante en el sector de laches en contacto intrusivo neto con el neis. A. Detalle de la mineralización en antiguos socavones.

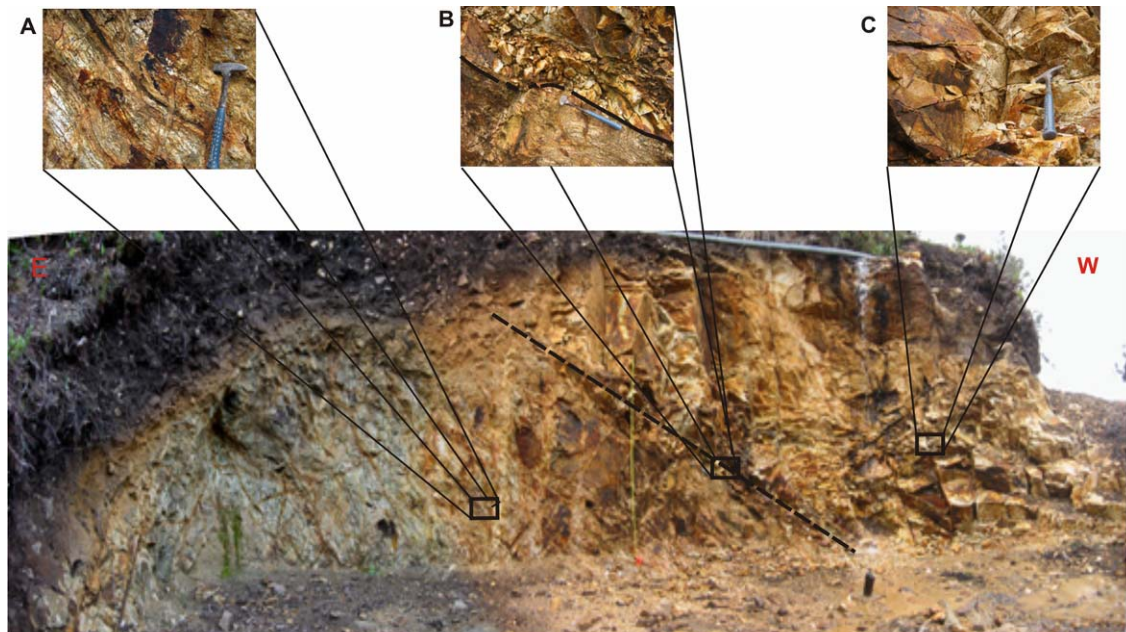


6.1.2.1 Tonalita

Se observan cuatro cuerpos distribuidos así: dos aflorantes en el sector de Laches al noreste, con formas irregulares a redondeadas, un cuerpo sobre la quebrada Páez, extendiéndose hacia Nueva Alta, en dirección noreste con una forma alargada e irregular y otro cuerpo en la parte norte de Veta de barro.

La tonalita es fanerítica de color blanco grisáceo a rosado, brillo sedoso, masiva, de grano medio, compuesta por cuarzo¹, plagioclasas, feldespatos dentro de agregados de sericita, y atravesada por venillas de cuarzo², limonita y hematita, con minerales opacos diseminados y en venillas sobre la sericita.

Figura 19. Contacto entre la Tonalita y el neis biotítico-hornblendítico. **A.** Detalle del Neis mostrando la dirección de bandeamiento. **B.** Detalle del contacto entre las dos litologías. **C.** Detalle de la Tonalita.



Bajo en microscopio presenta una textura alotriomórfica inequigranular, con cristales de cuarzo1 y plagioclasa en contacto neto con cristales laminares de muscovita levemente sericitizada embebidos en una matriz de agregados muy finos de sericita y muscovita, con minerales opacos de grano fino disseminados en las venillas de cuarzo2 y cuarzo3 atravesando la sección. De forma puntual se observa una textura glomeroporfídica formada por agregados de hematita en la matriz. Muestra una silicificación y sericitización moderada y se encuentra levemente hematizada.

Cuarzo (46.5-48.5%): Se presentan tres generaciones:

Cuarzo1 (45-45.5%): Cristales inequigranulares anhedrales formando agregados granulares alargados, con extinción ondulante, bordes irregulares, embebidos en la matriz de sericita, en contacto neto con la muscovita.

Cuarzo2 (0.4 -3.5%): Agregados microcristalino de hábito hexagonal en forma de venillas atravesando la sección, con textura en cresta.

Cuarzo3 (0-0.3%): Agregado microcristalino de hábito granular muy finos, cortando las venas de cuarzo2 y los agregados de sericita escamosa.

Plagioclasa (43.7-46.5%): Cristales inequigranulares anhedrales dentro de la matriz de los cual solo se observan sus moldes, ya que están reemplazados parcial a totalmente por sericita escamosa.

Sericita: Agregados microcristalinos de hábito escamoso, incoloros, distribuidos dentro de la matriz asociado a la muscovita reemplazando parcial a totalmente los feldespato de los cuales aun se observan sus moldes, bordeando los cristales de cuarzo¹, cortadas por las venas de cuarzo² y cuarzo³.

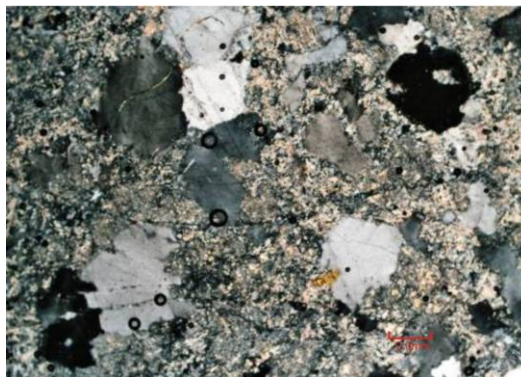
Muscovita (0-5.5%): Cristales inequigranulares anhedrales, con relieve variable, no pleocróicos, anisotrópicos presentando colores de interferencia de segundo orden en contacto neto con el cuarzo, discretamente distribuidos en la roca.

Hematita (0-3.4%): Agregados granulares muy finos, rojo intenso, asociado a los minerales opacos.

Minerales opacos (1.5-3%): Cristales de grano medio subhedrales a euhedrales de hábito hexagonal diseminados dentro de la matriz relleno los engolfamientos del cuarzo¹, siendo levemente orientadas por las venillas de cuarzo³.

Epidota (0-1%): Cristales subhedrales muy finos, de hábito granular con bordes redondeados diseminados muy discretamente sobre la matriz.

Figura 20. Textura alotriomórfica inequigranular característica de la tonalita.(Muestra B289894).



6.1.2.2 Monzogranito

Los mejores afloramientos se encuentran en la parte sur-este del área sobre la quebrada Páez y en la margen derecha de la carretera que conduce a Veta de Barro. (Anexo 2 y 3. Secciones B289809-B289860).

Composición mineralógica

Microscópicamente presenta una textura hipidiomórfica inequigranular, con cristales de cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, muscovita, biotita y zircones rodeados por agregados microcristalinos de sericita, clorita, minerales arcillosos,

epidota. Venillas de óxidos y minerales opacos muy finos rellenan fracturas y se encuentran diseminados en la sericita.

Cuarzo (46.9-51.5%): Cristales inequigranulares anhedrales a subhedrales, con bordes irregulares, presentando lamelas de deformación, y extinción ondulante, en contacto difuso con feldespato potásico y plagioclasa, distribuidos en toda la sección y rodeados por microcristales de sericita.

Feldespato potásico (22-24%): Cristales inequigranulares, subhedrales anisotrópicos, de relieve muy bajo, presentando macla polisintética en parrilla en unos cristales y otros con manchas de Minerales arcillosos dándole un aspecto turbio, rodeados por sericita y óxidos. Se encuentran en contacto difuso con el cuarzo y los plagioclasa sódica.

Minerales arcillosos: Se presentan como manchas marronsáceas, sobre los cristales de feldespato potásico, dándole un aspecto turbio.

Plagioclasa (21%): Cristales inequigranulares, anhedrales, relieve bajo, a veces turbio, exfoliación no siempre apreciable, con macla polisintética, distribuidos en toda la sección, con sericita reemplazándola de los bordes hacia el centro y manera de parches sobre el cristal con minerales opacos de grano muy finos diseminados y relleno de fracturas junto con los óxidos.

Sericita: Agregados de microcristales escamosos, bordeando los cristales de cuarzo, feldespato y reemplazando a manera de parches las plagioclasas en el centro y rodeando sus bordes. Con minerales opacos diseminados dentro de ella.

Biotita (0-6.3%): Cristales de habito tabular pleocróicos en (X) amarillo a naranja marrón, (Y) marrón oscuro a verde oscuro, (Z) marrón oscuro a rojo marronsáceo. Con sericita en los bordes y alterándose levemente a clorita. Presentando contactos saturados con la muscovita y netos con el cuarzo.

Clorita: Se presenta como mineral de alteración, color verde, desarrollándose desde los bordes hacia el centro de la biotita.

Muscovita (T-4%): Cristales incoloros, inequigranulares subhedrales de habito laminar asociada al cuarzo y la feldespato potásico y bordeando las plagioclasa, junto con la sericita, los minerales opacos y los óxidos.

Epídota (0-T): Cristales de grano fino, subhedrales diseminados de manera esporádica en la matriz en contacto neto con zircon.

Minerales opacos (T-5%): Agregados granulares, formados por cristales de grano fino anhedrales, isotrópicos, relleno de fracturas y diseminados en la sericita asociado a los óxidos.

Zircón (0-T): Cristales, de grano fino euhedrales, de geometrías ovalada, con bordes curvilíneos sin orientación específica, en contacto neto con la epidota, sobre la matriz.

6.2 ESTRUCTURAS

Para entender la geología estructural del área de estudio es necesario entender el ambiente geodinámico en el que se enmarca la zona.

La interacción entre las placas de Nazca (E), Cocos (NE), Caribe (SE) y Sur América (NW), generaron una serie de esfuerzos que afectaron regionalmente la zona del proyecto Angostura. En el área de estudio afloran rocas del Precámbrico (neis) que han estado expuestas a una serie de esfuerzos compresivos y distensivos, acompañados por una intensa actividad magmática durante el mesozoico. Durante el Triásico- Jurásico un ambiente de extensión y subsidencia enmarco la zona NW, continuando con la depositación de una secuencia transgresiva durante el Cretáceo, que continua con la inversión de la cuenca, acompañadas de plegamiento, cabalgamiento y erosión del macizo, generando estructuras y reactivando viejas fallas durante el Mioceno Plioceno entre las que se encuentran la falla Bucaramanga Santa Marta, de dirección noroeste, la cual incrementó su actividad, generando una serie de fallas afectando áreas relativamente cercanas, entre las que se encuentra el Yacimiento Angostura posteriormente vino el rápido levantamiento de la cordillera oriental durante el pleistoceno.

Estudios detallados en la zona han permitido precisar las estructuras presentes proponiendo un modelo de rombo que delimita las estructuras mineralizadas (Hornes J.; 2005).

El modelo de rombo se define por *dos fallas principales*: la falla Angostura al oeste en dirección N30E y la falla Romeral Cucutilla al este en dirección N30E ambas rumbo deslizante sinistral derecha, formando parte del sistema de fallas de Bocono; y por *dos fallas secundarias*: la falla El Pozo de dirección EW al norte y la falla Páez de dirección ESE al sur y fallas menores satélites de las principales las cuales producen un patrón de fracturamiento y de diaclasamiento muy variado

La presencia de estas fallas es evidenciando en el área por rasgos geomorfológicos, el patrón de drenaje y presencia de tectonitas a lo largo de algunos trazos de dichas fallas.

Dentro de ese modelo se enmarcan las estructuras mineralizadas llamadas vetas, distribuidas y caracterizadas según su composición mineralógica, alteraciones, roca caja entre otras, las cuales son continuas tanto longitudinal como verticalmente.

Dichas estructuras muestran una relación con las fallas rumbo-deslizantes a lo largo de la principal dirección noreste, de los sistemas de falla la Baja -Angostura y Romeral- Cucutilla, el movimiento lateral derecho de las fallas generó una dilatación de la zona que aumento la porosidad y permeabilidad de la roca huésped para los fluidos mineralizantes, por tal motivo se propone como áreas con mayor potencial mineral, zonas de intersección entre fallas.

Durante el trabajo se tomaron datos estructurales que permitieron ver la variabilidad de las diaclasas con direcciones SE-SW y buzamientos entre 40° y 80°, presentando mayor fracturamiento en los intrusivos debido a su deformación frágil. El bandeamiento del neis presenta dos direcciones características 220°-260° y 330°. La foliación de dirección SW de 240° promedio, es evidente hacia la zona norte y sur (Veta de Barro y Nueva alta –El silencio y parte W de El diamante)

El 70 % de la roca caja de la mineralización es el neis biotítico horblendítico, el cual contiene sulfuros de grano medio a muy fino dentro de los planos de exfoliación de los minerales en forma de venillas e hilos y diseminados en las zonas de alteración.

Los cuerpos intrusivos correspondiente a un 30% (estimado) y se observa un incremento en el diaclasamiento por lo cual, predomina la aparición de sulfuros como relleno de fracturas y bordeando los minerales félsicos que forman la roca con sulfuros diseminados en la matriz sericítica microcristalina. En la zona de contacto (fallado intrusivo) entre el neis y la tonalita de nueva alta, en la parte central del proyecto, se observa un cambio progresivo en la dirección del bandeamiento a 330° (NW) a medida que se acerca al intrusivo.

7. MINERALIZACION

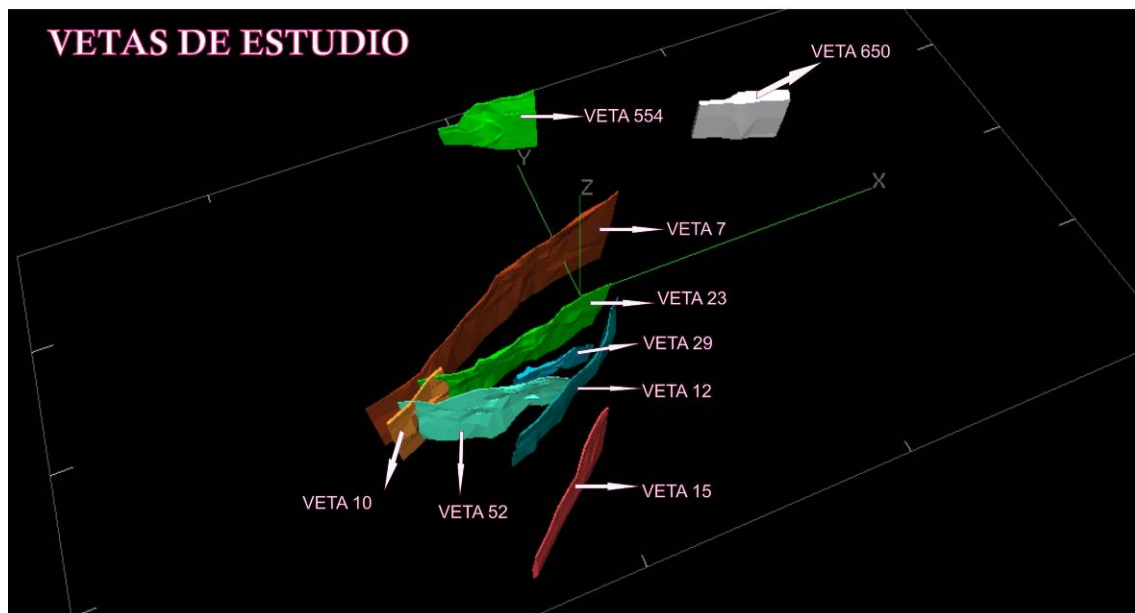
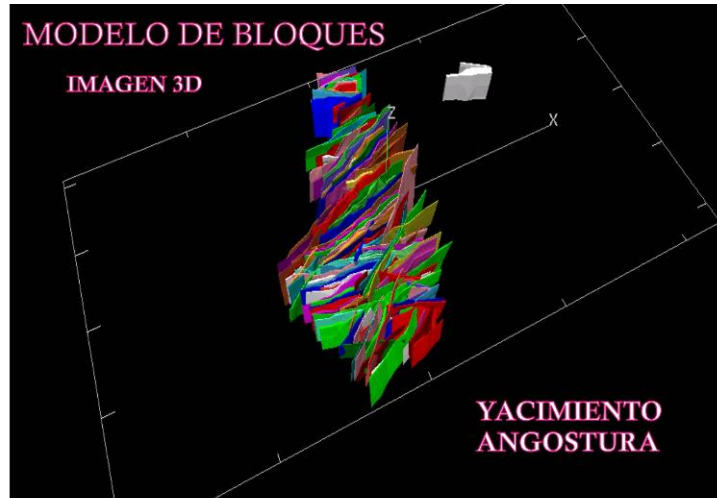
Teniendo en cuenta el modelo de bloques del yacimiento Angostura se escogieron 9 de los bloques tabulares que lo forman llamados “vetas” para la caracterización mineralógica. (Ver figura 21).

Las vetas para el estudio mineralógico fueron seleccionadas teniendo en cuenta la principal dirección de mineralización, su ubicación espacial, espesores, extensión en las coordenadas N y E, roca encajante, tenores de Au, Ag y Cu y alteraciones (ver tabla 2, figura 21).

Tabla 2. Vetas de estudio

VETA	DIRECCION	UBICACIÓN ESPACIAL EN EL AREA DE ESTUDIO
7	N45°E	Parte media
10	N60°E	Al sur-occidente
12	N50°E	Al sur
15	N45°E	Al sur
23	E-W	Parte media
29	E-W	Parete media
52	N70°W	Al sur occidente
554	N75°W	Al norte
650	N75°W	Al nor-este

Figura 21. Modelo de bloques del yacimiento Angostura mostrando las vetas seleccionadas para la caracterización mineralógica.



Tomado de Greystar Resources, software Datamine

El estudio petrográfico y mineralógico de las vetas seleccionadas permitió caracterizar la mineralogía de la mena y ganga en cada una de estas. Las menas encontradas se clasificaron teniendo en cuenta los minerales primarios. Todos los tipos de mena presentan oro y plata, ya sea observados al microscopio o de forma

submicroscópica. Pese a los altos tenores de plata reportados por ensayo al fuego no se observaron minerales argentíferos excepto algunos teluros de plata, lo que puede indicar que la plata ocurre como inclusión química en algunos minerales de la mena.

De acuerdo a la composición mineralógica de las menas, el contenido de los minerales y el modo de ocurrencia del oro se definieron cuatro tipos de menas:

Tabla 3. Tipos de mena en el proyecto Angostura





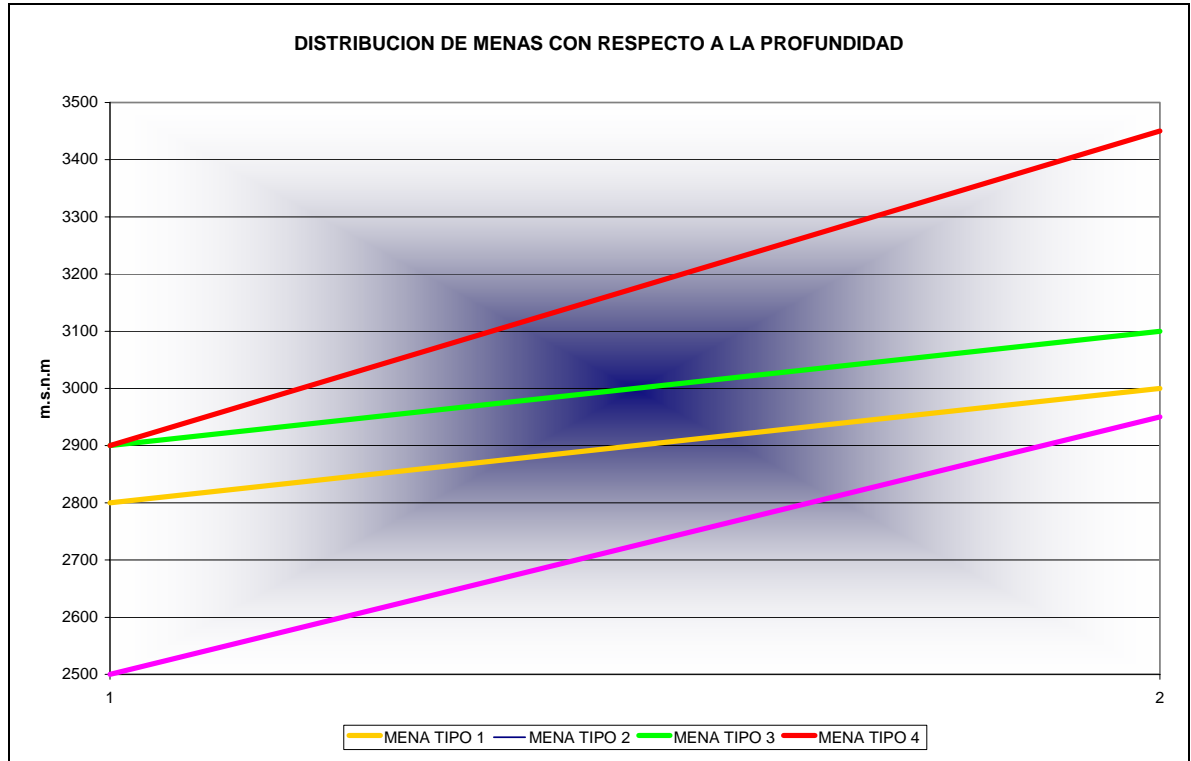
MENA	SIMBOLO	CARACTERISTICAS
TIPO 1		Este tipo de mena consiste en oro, plata, pirita, digenita, tetrahedrita y ocasionalmente marcasita, calcosina y teluros de plata en cantidades traza. El oro ocurre en su mayoría (58%) como oro libre, en menor proporción (16%) incluido en tetrahedrita y en menor cantidad (8.3%) asociado a otros sulfuros, incluido e intersticial entre pirita.
TIPO 2		Este tipo de mena esta formado por oro, plata, pirita, calcopirita, en ocasiones digenita y/o tetrahedrita y esporádicamente en cantidades traza calcosina, enargita, arsenopirita, bismutinita, teluros de plata, bornita y marcasita. El oro ocurre en mayor proporción incluido en pirita (37.5%); seguido de oro libre (25%); asociado a otros sulfuros (12.5%); incluido en tetrahedrita (12.5%) e intersticial a la pirita (12.5%).
TIPO 3		Este tipo de mena esta constituido por oro, plata y pirita, y en ocasiones tetrahedrita en cantidades traza, son menas con un predominio notable de pirita sobre los demás minerales; el oro en estas menas es de carácter submicroscópico (no observable al microscopio).
TIPO 4		Este tipo de mena esta formado por oro, plata, limonita, hematita, ilmenita y magnetita, ocasionalmente en cantidades pequeñas pirita y en cantidades traza calcopirita y tetrahedrita son menas oxidadas; el oro en estas menas es de carácter submicroscópico (no observable al microscopio).

Figura 22. Distribución en profundidad de los tipos de mena.



7.1 VETA 7

La veta 7 se encuentra comprendida dentro de los valores X, Y, Z máximos y mínimos como se describen:

X: 1130400 - 1131371

Y: 1308330. - 1308624

Z: 2691 - 3381

Lo que representa una extensión en la coordenada X de aproximadamente 972 m, en la coordenada Y de 294 m y en la coordenada Z de 690 m. Presenta un rumbo de N45°E. Se encuentra ubicada en la parte media del área del proyecto Angostura y es la veta con mayor extensión en la coordenada X. Se encuentra encajada en la unidad de rocas metamórficas neis cuarzo feldespático aflorantes en el área de estudio. Se han tomado 772 muestras de esta veta, de las cuales 698 eran de núcleo de perforación, 40 de túnel y 34 de superficie (A julio de 2005).

A continuación se presentan las características composicionales de la veta 7

7.1.1 Contenido de oro, plata y cobre

Un análisis estadístico de frecuencias para los tenores de oro, plata y cobre se muestra a continuación:

Tabla 4. Resultados del tratamiento estadístico a los contenidos de oro, plata y cobre para la veta 7

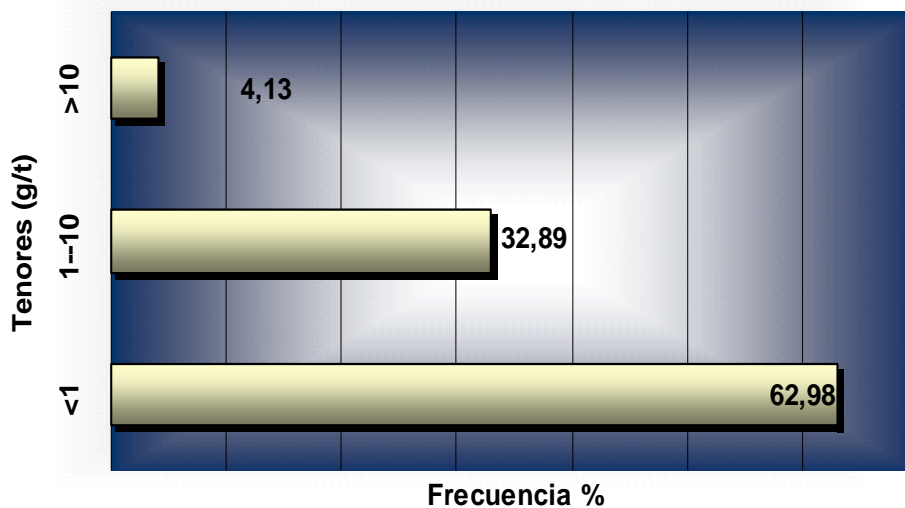
PARAMETRO	Au (g/t)	Ag (g/t)	Cu (%)
# de datos	772	772	772
Media	2,36	8,68	0,0072
Mediana	2,36	3,1	0,01
Valor mínimo	0	0	0
Valor máximo	140	399	3,34

- **Oro:**

Como se observa en la tabla 4, de los 772 datos el tenor máximo de Au es de 140 g/t, la media es de 2.36 g/t.

En la figura 23 se muestra un histograma de la distribución de tenores de oro para la veta 7.

Figura 23. Histograma de frecuencia para tenores de oro, veta 7.



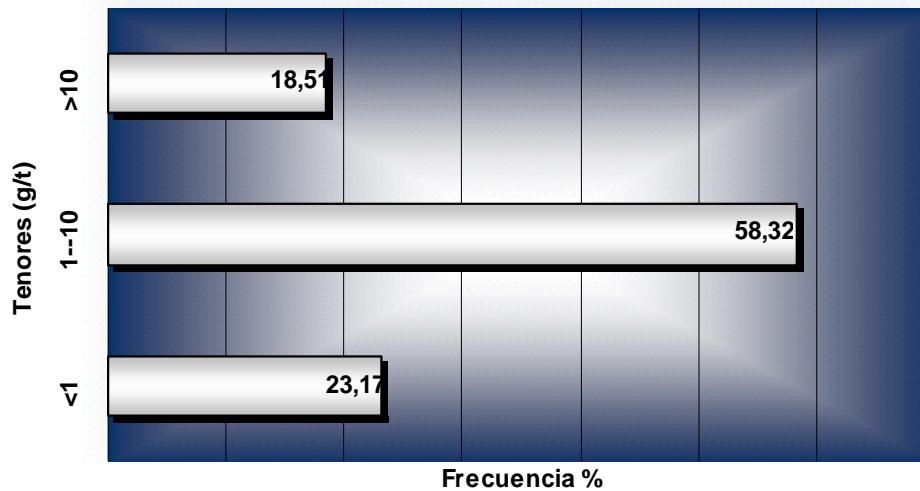
Como se puede observar el 62.98% de los datos presenta tenores de Au entre 0-1g/t, el 32.89% entre 1-10 g/t y el 4.13% valores superiores a 10g /t.

- **Plata:**

Como se observa en la tabla 4, de los 772 datos el tenor de Ag máximo es de 399 g/t, la media es de 8.6 g/t y la mediana es de 3.1g /t.

En la figura 24 se muestra un histograma de la distribución de tenores de plata para esta veta.

Figura 24. Histograma de frecuencia para tenores de plata, veta 7



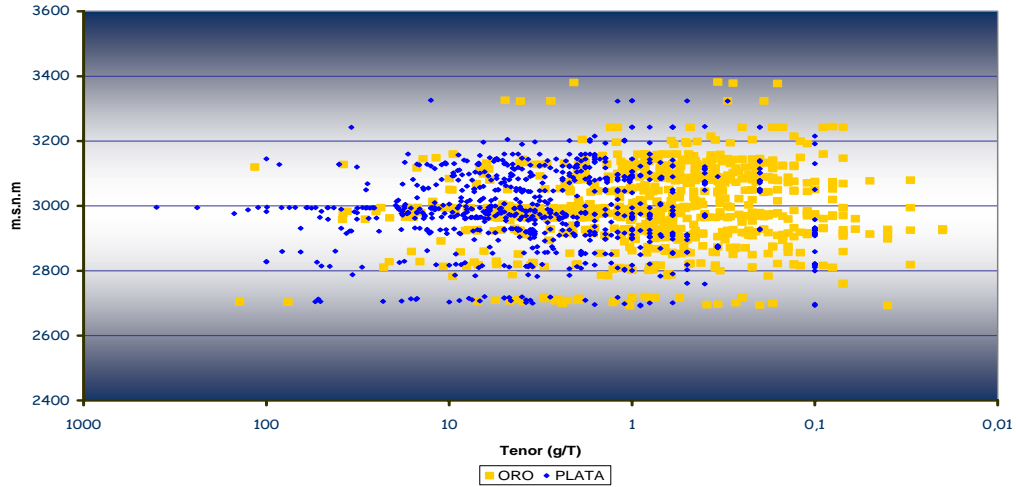
Como se puede observar el 23.17% de los datos presenta tenores de Ag entre 0-1g/t, el 58.32% presenta valores entre 1-10 g /t, el 18.51% presenta valores superiores a 10g /t.

- **Cobre:**

Como se observa en la tabla 4, de los 772 datos el tenor máximo de Cu es de 3.34 %, la media es de 0.072 % y la mediana es de 0.01%.

La figura 25 muestra la distribución de tenores de oro y plata en profundidad de las muestras que hacen parte de la veta 7. Como se observa, los tenores de oro y plata en profundidad se encuentran uniformemente distribuidos desde 2691 hasta 3381 m.s.n.m. rango que comprende el espesor de esta veta además se puede observar rangos de espesor entre 5 a 50 m en los que no se presenta ninguna concentración de tenores.

Figura 25. Distribución de tenores de oro y plata en profundidad para la veta 7.



7.1.2 Composición mineralógica

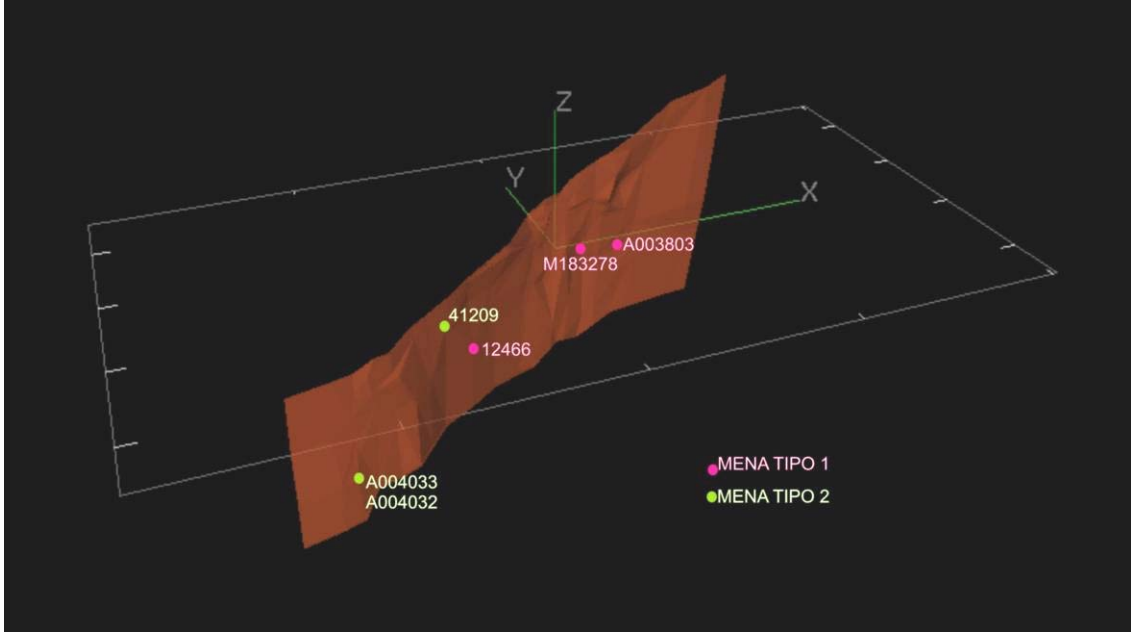
Para el estudio de la composición mineralógica se escogieron 6 muestras para elaborar sección delgada pulida, las cuales representan tenores altos de oro, plata y cobre y cuya distribución espacial es representativa para la veta 7. (Ver anexo 4, tabla 5, figura 26)

Tabla 5. Muestras con sección delgada-pulida de la veta 7

Nº de Muestra	X	Y	Z	Au (g/t)	Ag (g/t)	Cu (%)
A004033	1130448	1308347	2704	140	54	0,54
A004032	1130448	1308339	2705	7	50,6	0,58
12466*	1130758	1308492	2859	16,09	82	0,89
41209	1130684	1308445	2959	28,81	32	0,236
A003803*	1131152	1308602	2976	38,04	150	1
M183278*	1131055	1308583	2996	16,9	399	3,34

(*): En estas muestras se observó oro al microscopio.

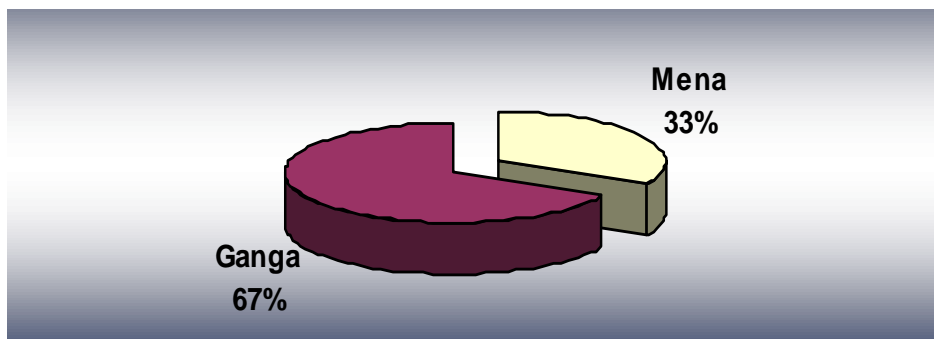
Figura 26. Imagen 3D de la ubicación de las muestras con sección delgada-pulida para la veta 7.



Tomado de Greystar Resources, software Datamine.

La mineralogía establecida para estas secciones delgadas-pulidas se muestra en la tabla 6 y la relación mena ganga se puede observar en al figura 27.

Figura 27. Relación mena-ganga para la veta 7



La relación mena – ganga promedio para estas secciones fue de 33%/67%, aproximadamente de 1/3 .

Tabla 6. Composición mineralógica de las menas representativas de la veta 7.

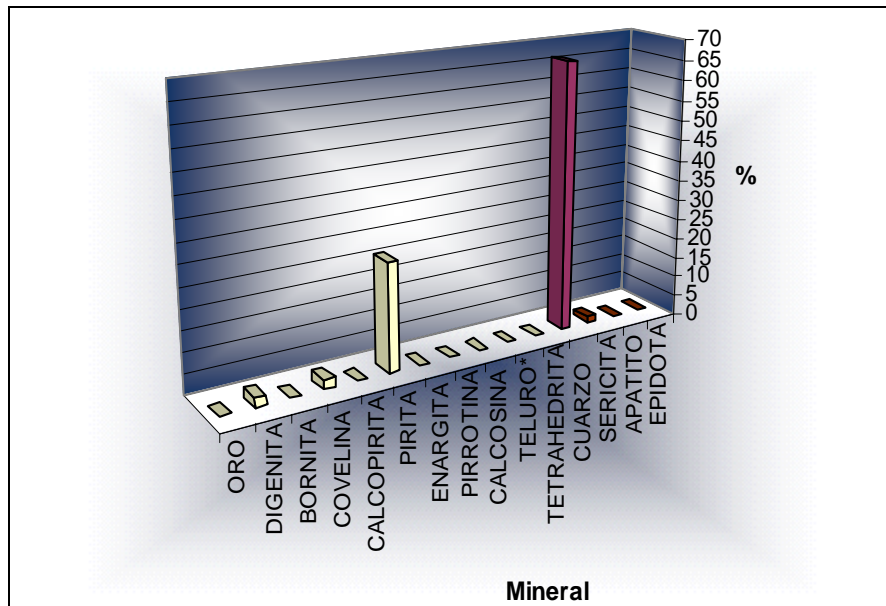
Nº de Muestra	A004033	A004032	12466	41209	A003803	M183278	% Prom.
	M.S.N.M						
	2704	2705	2859	2959	2976	2996	
ORO			T		T	T	T
DIGENITA	1,66	2,5	1,66	1,33	5,5	1,33	2,33
BORNITA	2,66	T		T	T		T
COVELINA	4,66	T	T	0,33	1,5	8	2,42
CALCOPIRITA	2,33	1		1,66			T
PIRITA	34,66	15,5	14,66	34,33	46	13,66	26,47
ENARGITA	0,33						T
PIRROTINA	T						T
CALCOSINA	T						T
TELURO*						T	T
TETRAHEDRITA	1		1,36			0,33*	1,71
CUARZO	52,33	80	81,66	62	47	75,66	66,44
SERICITA	0,37	1	0,66		5	1	1,34
APATITO				0,33			T
EPIDOTA	T						T
TIPO DE MENA	2	2	1	2	1	1	= 100%

MENA : 32,93

GANGA: 67,84

La composición mineralógica promedio establecida para estas muestras se observa en la figura 28.

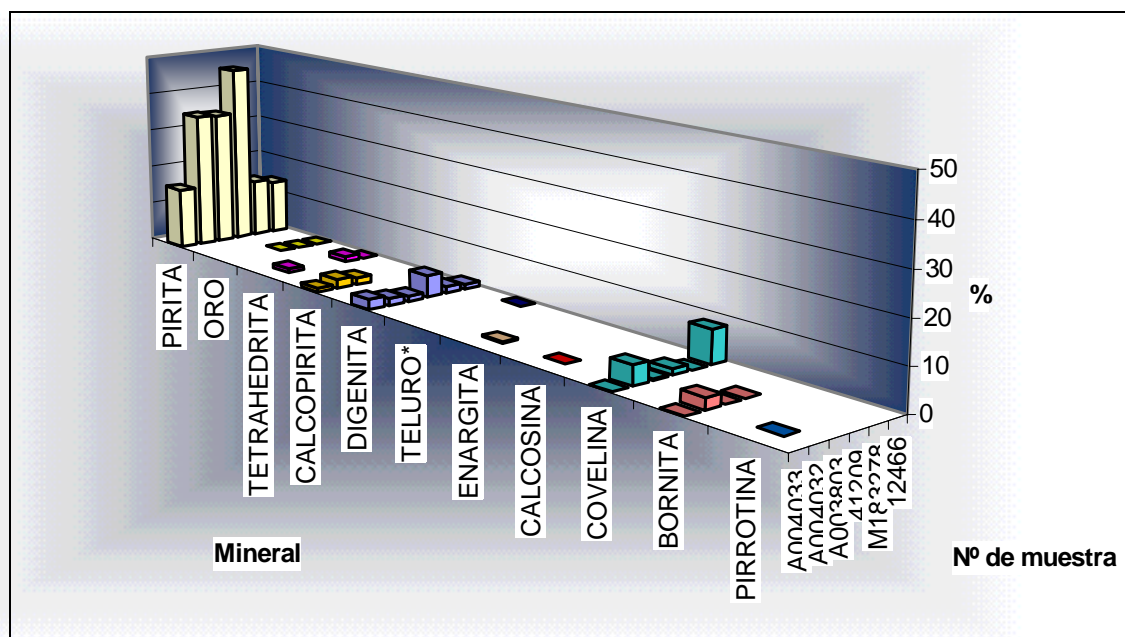
Figura 28. Composición mineralógica promedio de las menas de la veta 7



7.1.2.1 Mineralogía de la mena

La mineralogía de la mena de la veta 7 consiste de oro, pirita, digenita, bornita, covelina, calcopirita, calcosina, enargita, pirrotina, telururo de plata (?) y tetrahedrita (Tabla 4, Figura 29). A continuación se presentan las características principales de los minerales y su forma de ocurrencia.

Figura 29. Mineralogía de las menas veta 7



Oro (T): Se presenta como cristales subhedrales a anhedrales con bordes redondeados de tamaño de grano de 1.5 a 30 micras asociados a pirita en contacto neto, incluidos en cristales de pirita y asociados a la matriz como oro libre, se presenta también como pequeños agregados granulares y con formas alargadas en contacto neto con pirita y asociados a digenita intersticial.

Pirita (13-46%): Es el sulfuro predominante presente en todas las menas, ocurre en dos generaciones:

Pirita 1: Como cristales individuales euhedrales a subhedrales con tamaños de grano desde mayores a 500 micras hasta 1.5 micras diseminados por las secciones homogéneamente, también se presenta como agregados granulares asociados con digenita ± tetrahedrita ± calcopirita ± enargita intersticial y como estrechas venillas e hilos entrecruzados y en ocasiones formando enrejados asociados ocasionalmente a digenita intersticial.

Pirita 2: La segunda generación de pirita se encuentra como venillas e hilos cortando la pirita de la primera generación asociada o en contacto a digenita ± calcopirita intersticial.

Digenita (1.33-5.5%): Esta presente en todas las menas de esta veta de la siguiente manera: como masas intersticiales entre la pirita, el oro y asociada a tetrahedrita y calcopirita, como cristales individuales de tamaño de grano de 1 a 5 micras asociado a la matriz y en la sección de la muestra 41209 se observa como cristales de 21 a 72 micras incluido en cristales de pirita; en su mayoría presenta alteración del centro hacia los bordes a covelina.

Calcopirita (1-2.33%): Esta presente en las secciones de las muestras que espacialmente están en el extremo oeste de esta veta de las siguientes maneras: Calcopirita 1: como masas intersticiales a la pirita asociada con digenita. Calcopirita 2: en la sección de la muestra 41209 como cristales anhedrales de tamaño de grano de 1 a 48 micras incluidos en pirita.

Tetrahedrita (0.33-1.36%): Esta presente en las menas de esta veta de las siguientes maneras: Tetrahedrita 1: como cristales anhedrales de tamaño de grano de 7 a 30 micras asociados con pirita en contacto neto. Tetrahedrita 2: como masas intersticiales a la pirita asociadas a digenita.

Teluro de plata (T) (?): En la sección de la muestra M183278 aparece un cristal gris claro anhedral de tamaño de grano de 25 micras incluido en un cristal de pirita.

Enargita (0-0.33%): Se presenta como masas intersticiales a la pirita y rellenando fracturas en cristales de pirita alterándose a calcosina y/o covelina y/o bornita (muestra A004033).

Bornita (T-2.66%): Esta presente en las secciones de las muestras que espacialmente están en el extremo oeste de esta veta de las siguientes maneras: Bornita 1: como diminutos cristales redondeados incluidos en cristales de pirita (muestra 41209). Bornita 2: como manchas alterando a la digenita y/o la calcopirita del centro hacia los bordes ocasionalmente asociado con covelina y en una de las secciones

Covelina (T-8%): Esta presente en todas las menas de esta veta de las siguientes maneras: Como manchas remplazando del centro hacia los bordes a la digenita y la calcopirita ocasionalmente asociada a bornita y en la sección de la muestra M183278 que presenta el mayor contenido de cobre (3.34%) de todas las muestras del estudio, se presenta como agregados de cristales de hábito tabular a hojoso remplazando la digenita.

Pirrotina (T): Se presenta como pequeños agregados asociados con covelina y/o bornita (muestra A004033).

Calcosina (T): Se presenta como manchas asociadas a covelina y/o bornita alterando a la calcopirita y la enargita (muestra A004033).

Las menas presentes en esta veta corresponden a los tipos **uno (1) y dos (2)**.

El análisis paragenético permitió determinar las siguientes asociaciones:

✓ **Mena tipo 1:**

Paragénesis 1: Pirita1 + Oro ± Teluro de plata (?)

Paragénesis 2: Pirita 2+ Digenita + Tetrahedrita 2 ± Covelina.

✓ **Mena tipo 2:**

Paragénesis 1: Pirita1 + Calcopirita1 ± Tetrahedrita1 ± Bornita1

Paragénesis 2: Digenita + Calcopirita2 ± Tetrahedrita 2 ± Enargita.

Figura 30. Características de la mena tipo uno (1) de la veta 7. **A.** Dos generaciones de pirita (Py) asociada a digenita intersticial (Dy) alterándose a bornita (Bo). (Muestra A003803, nicoles paralelos) **B.** Pirita (Py) asociada a tetrahedrita (Td) y digenita (Dy) la cual esta siendo remplazada por covelina (Co). (Muestra M183278, nicoles paralelos)

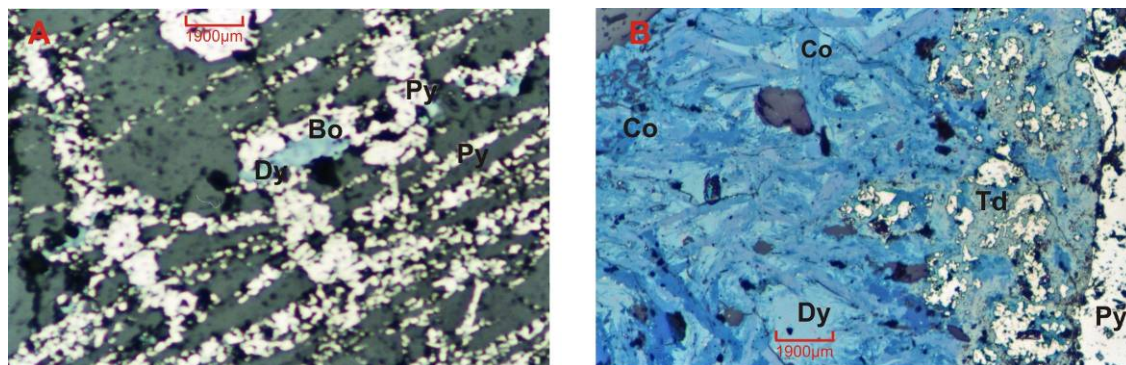


Figura 31. Características de la mena tipo dos (2), veta 7. **A.** Cristal de pirita (Py) con cristales de digenita (Dy) incluidos y agregados, venillas e hilos de pirita (Py) asociados con digenita (Dy) y calcopirita (Ccp) intersticial.(Muestra 41209, nicoles paralelos) **B.** Pirita (Py) asociada con calcopirita (Ccp) y digenita (DY) intersticial. (Muestra A004032, nicoles paralelos)

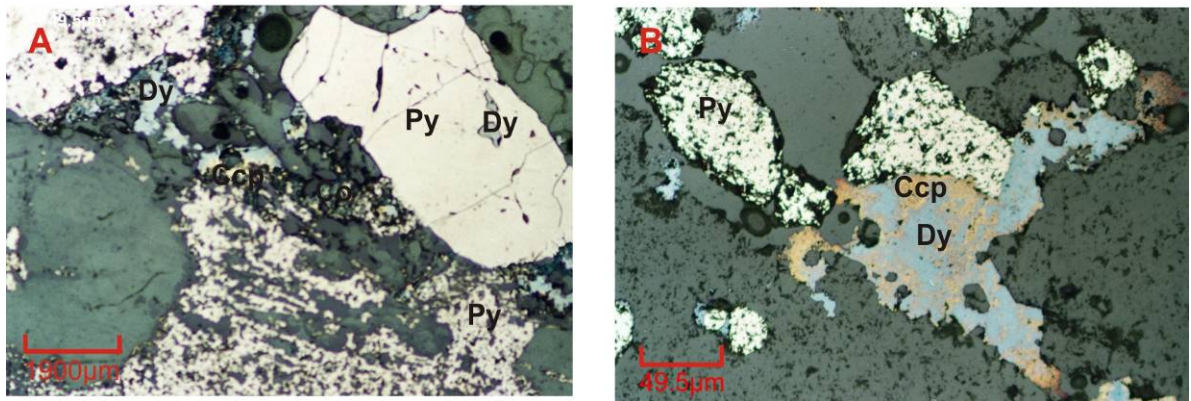
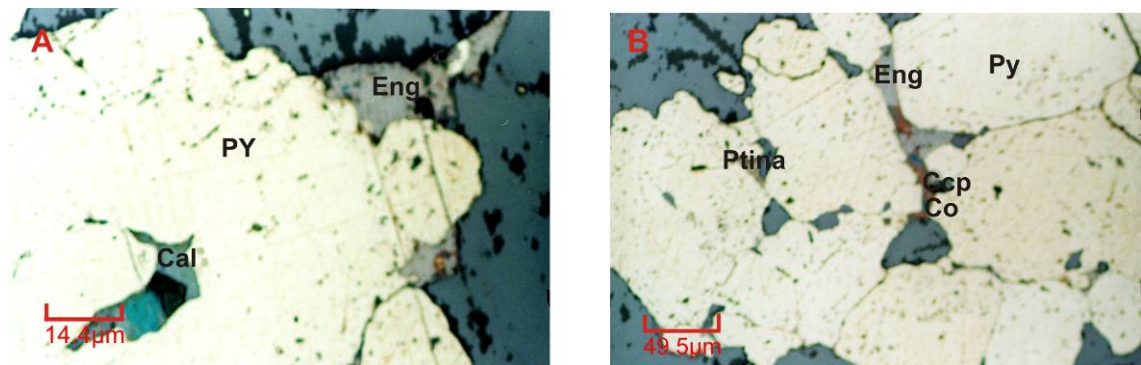


Figura 32. Características de la mena tipo 2, veta 7. **A.** Pirita (Py) asociada a enargita (Eng) y calcosina (Cal) intersticial. **B.** Pirita (Py) asociada a enargita (Eng), calcopirita (Ccp) y pirrotina (Ptina) intersticial. (Muestra A004033, nicoles paralelos)



A nivel general la composición mineralógica de las menas de la veta 7 presenta las siguientes características:

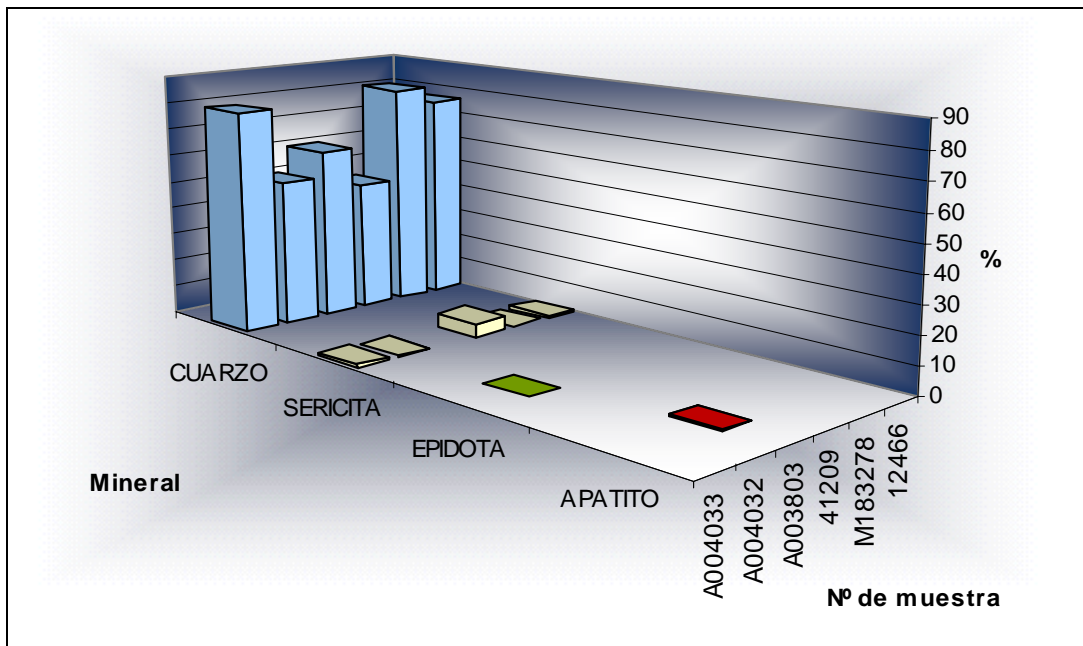
- ✓ El oro ocurre en esta veta en los depósitos de **mena tipo uno (1)**. Este tipo de mena se presenta desde los 2859 aproximadamente hasta 2976 (m.s.n.m), hacia la parte superior de la veta y en dirección nor-este. A este tipo de mena se asocian todos los cristales de oro encontrados en esta veta, predominando el oro en forma libre, seguido del asociado e incluido.
- ✓ En la **mena tipo dos (2)** si bien se reportan tenores de oro y plata elevados (entre 7- 140 y 32-399 g/t), no se observó este mineral en las secciones delgadas pulidas lo cual indica un tamaño submicroscópico como se reporta en el análisis SEM (EDS) para la muestra A004033. Esta mena se presenta desde los 2705 traslapándose en altura con la mena uno (1) hasta los 2959 (m.s.n.m), hacia la parte inferior de la veta y en dirección sur-oeste.

- ✓ En todas las menas están presentes la **pirita**, la **digenita** y la **covelina**, adicionalmente se observó que la (Muestra A004033) tiene una mineralogía muy diferente a las otras secciones apareciendo en esta **enargita**, **pirrotina** y **calcosina**.

7.1.2.2 Mineralogía de la ganga

La mineralogía de la ganga de la veta 7 no presenta diferencias en cuanto al tipo de mena, esta formada en su mayoría por cuarzo con escasa sericita, y epidota y apatito como minerales accesorios. (Tabla 4, Figura 33).

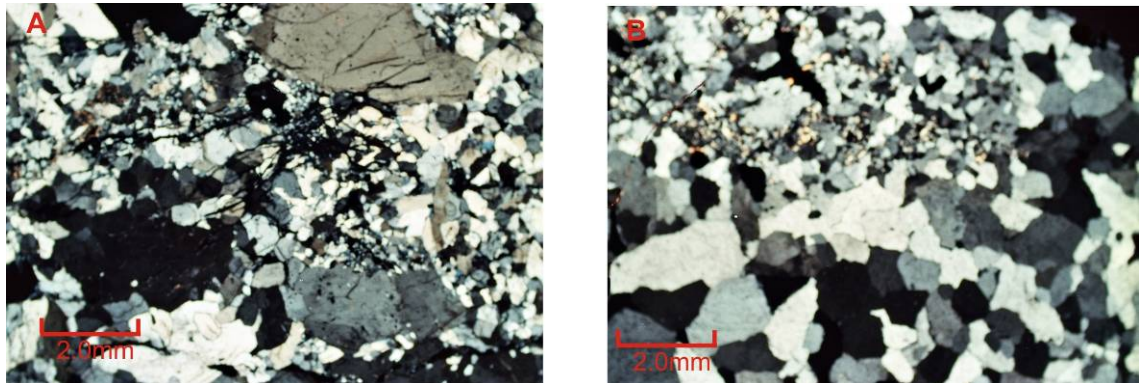
Figura 33. Mineralogía de la ganga veta 7.



La textura de los minerales de la ganga de los dos tipos de mena para esta veta :

- Textura porfiritica-brechoide con cristales de cuarzo relictico dentro de una matriz formada en su mayoría por agregados granulares de cuarzo microcristalino con escasa sericita con los minerales de la mena diseminados por toda la sección. (ver figura 34, A.)
- Textura granular formada por agregados granulares de cristales de cuarzo de habito hexagonal de tamaño de grano de muy fino a medio en ocasiones formando una textura en cresta con los minerales de la mena diseminados por toda la sección. (ver figura 34, B)

Figura 34. Texturas de la ganga, veta 7 para los dos tipos de mena. **A.** Textura porfiritica-brechoide con cristales de cuarzo relictico en una matriz constituida por cuarzo microcristalino con sulfuros diseminados.(Muestra M183278, nicoles cruzados) **B.** Textura granular formada por agregados de cuarzo de habito hexagonal con textura en cresta con sulfuros diseminados. (Muestra A004032, nicoles cruzados)



7.1.3 Alteraciones

En los lugares donde aflora esta veta en superficie se observó una baja seritización en la roca caja inmediatamente a la intrusión del filón mineralizado el cual esta formado por una vena de cuarzo con diseminaciones y venillas de sulfuros principalmente pirita.

De acuerdo a las observaciones microscópicas de las secciones delgadas-pulidas para esta veta se describen las siguientes alteraciones:

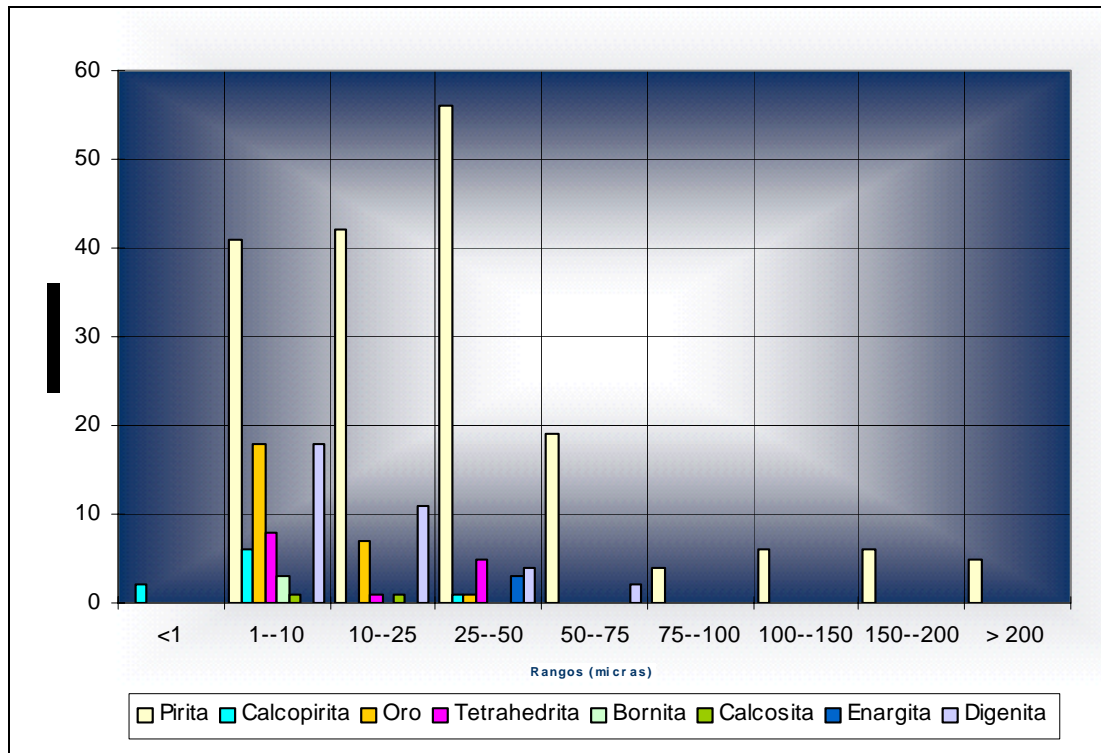
- **Silicificación fuerte:** Formada por cuarzo recristalizado constituyendo el mineral principal de la ganga dentro de la mineralización de las siguientes maneras: formando la matriz de las secciones como agregados de cuarzo microcristalino o agregados granulares de cristales de hábito hexagonal con sulfuros diseminados e intercrecidos.
- **Seritización baja:** Formada por escasos cristales diminutos de hábito escamoso de sericita producto de la mineralización asociada a cuarzo microcristalino constituyendo la matriz de las secciones.

7.1.4 Análisis textural (tamaño de grano) de los minerales de la mena.

En la figura 35 se muestra la representación gráfica de la variabilidad de tamaños de grano de los diferentes minerales de la mena en lo posible (dependiendo de la

abundancia del mineral) se realizaron 30 mediciones del tamaño de grano para cada mineral.

F



El tamaño de grano de la pirita varía entre 1 micra hasta mayores a 200 micras presentándose una mayor concentración en el rango entre 1.5 a 75 micras, en el caso de la digenita su variabilidad esta en un rango entre 1 micra hasta 75 micras con una mayor concentración en el rango de 1 a 25 micras, el oro presenta una concentración entre valores de 1 a 50 micras comunes estos valores a las mayores concentraciones del tamaño de grano de la pirita y la digenita. La calcopirita, la tetrahedrita, la bornita y la calcosina presentan valores entre rangos de tamaño de grano menor, para la calcopirita esta en un rango entre menores de 1 micra y 50 micras con mayor frecuencia en el rango de 1 a 10 micras, la tetrahedrita se presenta en un rango entre 1 a 50 micras, la bornita en el rango entre 1 a 10 micras, la calcosina en el rango entre 1 a 25 micras y el cristal de enargita con un tamaño de grano de 25 micras.

7.2 VETA 10

La veta10 se encuentra comprendida dentro de los valores X, Y, Z máximos y mínimos como se describen:

X: 1130448 - 1130604

Y: 1308256 - 1308348

Z: 2638 - 2957

En la coordenada X esto representa una extensión de aproximadamente 156m, en la coordenada Y de 92m y en la coordenada z de 319m. Se encuentra ubicada al sur-occidental del área del proyecto Angostura, muy cerca del trazo de la falla La Baja-Angosturas, casi paralela con su dirección NE-SW. Esta veta se encuentra encajada en la unidad de rocas metamórficas neis cuarzo feldespático y biotítico hornblendítico aflorantes en el área. Se han tomado 401 muestras de esta veta las cuales son todas de núcleo de perforación (A julio de 2005).

A continuación se presentan las características composicionales de la veta 10.

7.2.1 Contenido de oro, plata y cobre

Un análisis estadístico de frecuencias para los tenores de oro, plata y cobre se muestra a continuación:

Tabla 7. Resultados del tratamiento estadístico a los contenidos de oro, plata y cobre para la veta 10

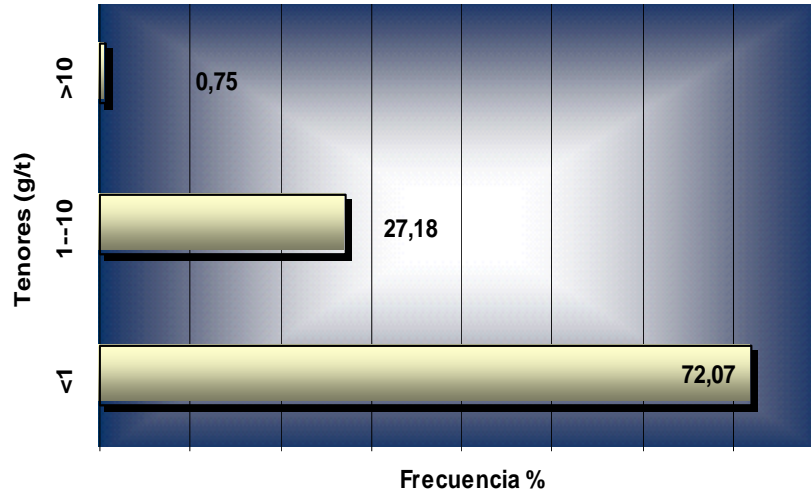
PARAMETRO	Au (g/t)	Ag (g/t)	Cu (%)
# de datos	401	401	401
Media	1,201	7,16	0,045
Mediana	0,62	2,1	0,016
Valor mínimo	0	0	0
Valor máximo	23,8	131	2,33

- **Oro:**

Como se observa en la tabla 7, de los 401 datos el tenor máximo de Au es de 23 g/t, la media es de 1.2016 g /t y la mediana es de 0.62 g /t.

En la figura 36 se muestra un histograma de la distribución de tenores de oro para esta veta.

Figura 36. Histograma de frecuencias tenores de oro veta 10.

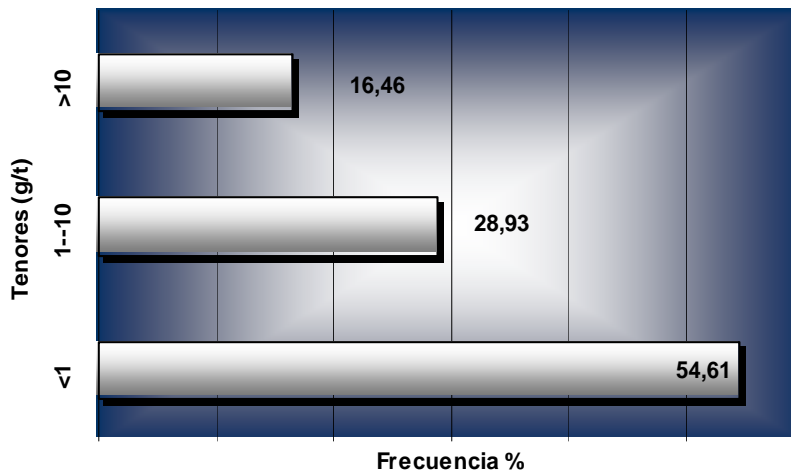


Como se puede observar el 72.07% de los datos presenta tenores entre 0-1g /t, el 27.18% presenta valores entre 1-10 g /t y el 0.75% presenta valores superiores a 10g /t.

- **Plata:**

Como se observa en la tabla 7, de los 401 datos el tenor máximo de Ag es de 131 g/t, la media es de 7.16g /t y la mediana es de 2.1g /t. En la figura 37 se muestra un histograma de la distribución de tenores de plata para esta veta.

Figura 37. Histograma de frecuencias tenores de plata veta 10.



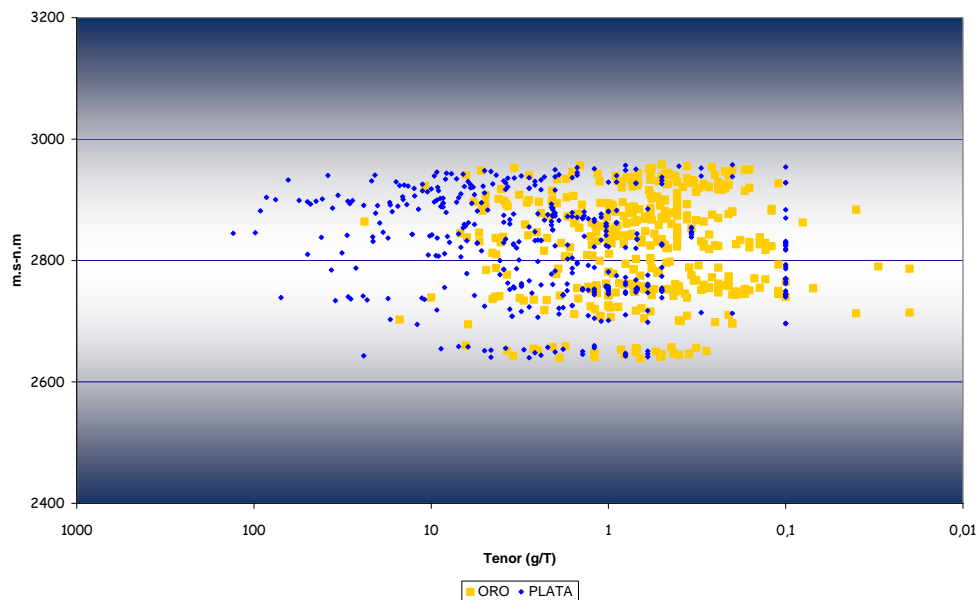
Como se puede observar el 54.61% de los datos presenta tenores de Ag entre 0-1g/t, el 28.93% presenta valores entre 1-10 g /t y el 16.46% presenta valores superiores a 10g /t.

- **Cobre:**

Como se observa en la tabla 7 de los 401 datos el tenor máximo de Cu es de 2.33 %, la media es de 0.045 % y la mediana es de 0.016 %.

La figura 38 se muestra la distribución de tenores de oro y plata en profundidad de las muestras que hacen parte de la veta 10.

Figura 38. Distribución de tenores de oro y plata en profundidad para la veta 10.



Como se observa, la distribución de los tenores de oro y plata en profundidad es homogénea desde 2638 a 2957 m.s.n.m. presentándose visualmente en la gráfica como un conjunto de bandas paralelas con diferentes espesores organizadas a diferentes profundidades con concentraciones de tenores desde mayores a 10 g/t y hasta menores a 1 g/t, separadas entre sí por 5 a 50 metros de espesor en los que no se presenta ninguna concentración de tenores.

7.2.2 Composición mineralógica

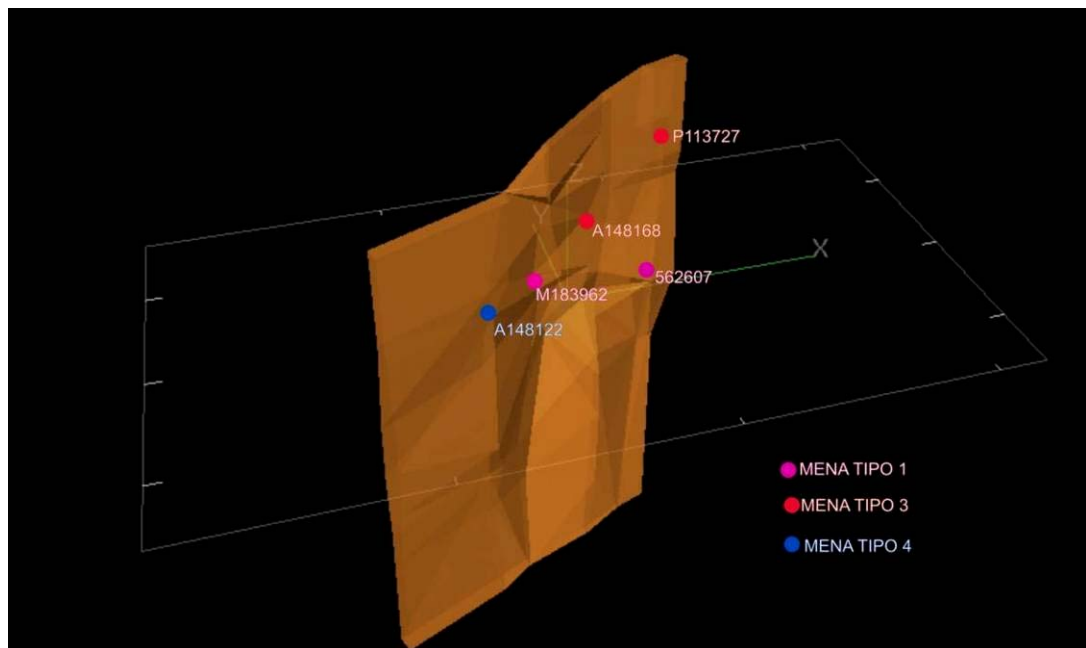
Para el estudio de la composición mineralógica se escogieron 5 muestras para elaborar sección delgada pulida, las cuales representan tenores altos de oro, plata y cobre y cuya distribución espacial es representativa para la veta 10. (Ver anexo 4, tabla 9, figura 39)

Tabla 8. Muestras con sección delgada-pulida de la veta 10

Nº de muestra	X	Y	Z	Au (g/t)	Ag (g/t)	Cu (%)
562607*	1130590	1308321	2831	5,35	21,3	0.0
M183962	1130497	1308319	2845	6,84	131,0	2,33
A148122	1130453	1308267	2864	23,80	2,1	0,0156
A148168	1130544	1308331	2882	5,13	92,0	1,52
P113727	1130604	1308343	2941	6,32	20,8	0,015

(*): En esta muestra se observó oro al microscopio.

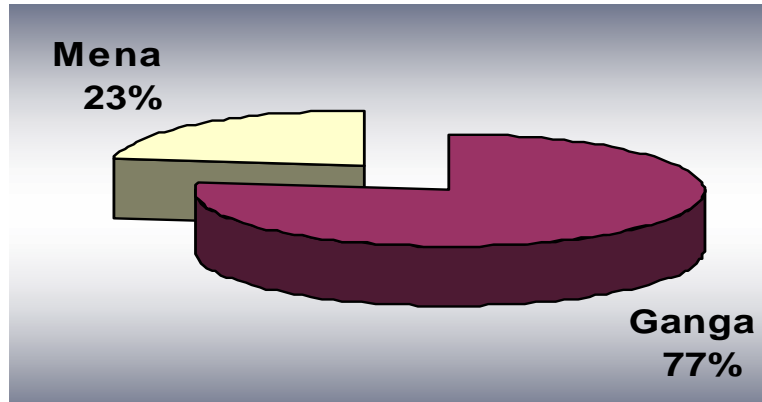
Figura 39. Imagen 3D de la ubicación de las muestras con sección delgada-pulida para la veta 10.



Tomado Greystar Resources, software de Datamine.

La mineralogía establecida para estas secciones delgadas-pulidas se muestra en la tabla 8 y la relación mena ganga se puede observar en al figura 40.

Figura 40. Relación mena-ganga para la veta 10.

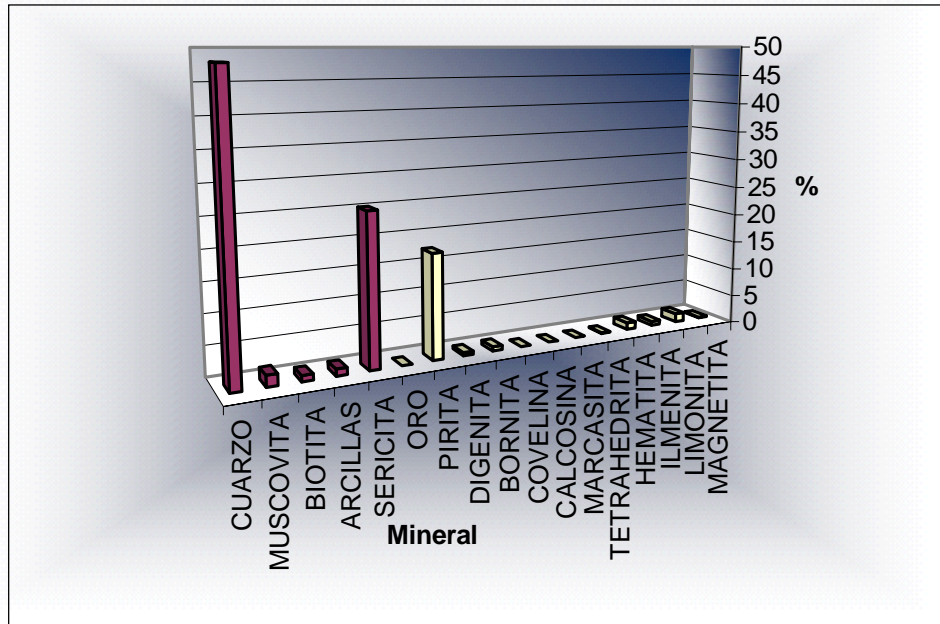


La relación mena – ganga promedio para estas secciones fue de 23%/77%.

Tabla 9. Composición mineralógica de las menas representativas de la veta 10.

Nº de muestra	562607	M183962	A148122	A148168	P113727	% Prom.	
	M.S.N.M						
MINERAL	2831	2845	2864	2882	2941		
ORO	T					0,0002	Mena: 23 %
PIRITA	6	54,66	T	9,33	18,5	17,6982	
DIGENITA		2,66				0,532	
BORNITA		3,66				0,732	
COVELINA	T					0,0002	
CALCOSINA	T					0,0002	
MARCASITA	0,2					0,04	
TETRAHEDRITA	0,5			T	T	0,1004	
HEMATITA			6			1,2	
ILMENITA			3,66			0,732	
LIMONITA			7,33			1,466	
MAGNETITA			0,66			0,132	
CUARZO	48,4	38,66	53	54,99	44,5	47,91	
MUSCOVITA	0,5		9			1,9	
BIOTITA				5		1	
ARCILLAS	T	0,33			5,5	1,1662	
SERICITA	44,4		20,33	30,66	31,5	25,378	
TIPO DE MENA	1	1	4	3	3	=100%	

La composición mineralógica promedio establecida para estas muestras se observa en la figura 41.

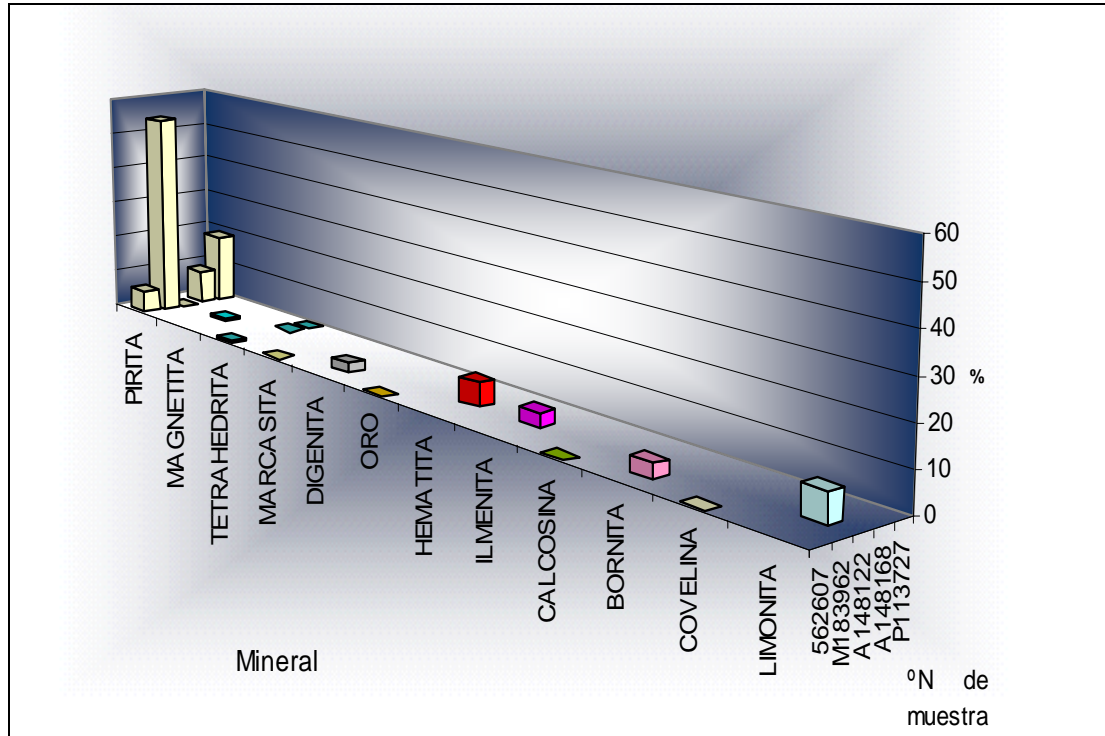


7.2.2.1 Mineralogía de la mena

La mineralogía de la mena de la veta 10 consiste en oro, pirita, digenita, bornita, covelina, marcasita, calcosina, tetrahedrita, limonita, hematina, ilmenita y magnetita. (Tabla 9, Figura 42)

A continuación se presentan las características principales de los minerales y su modo de ocurrencia en toda la veta.

Figura 42. Mineralogía de las menas veta 10.



Oro (T): Se presenta como cristales euhedrales de habito rectangular de tamaño de grano de 6 a 13 micras asociados a la matriz como oro libre, y un cristal euhedral de tamaño de grano de 7 micras incluido en tetrahedrita (muestra 562607 que es una de las muestras de mayor profundidad en esta veta 2831 m.s.n.m).

Pirita (T-54.66%): Es el sulfuro presente predominante en todas las menas, se presenta de las siguientes maneras: como cristales individuales euhedrales a anhedrales con tamaños de grano desde 2.5 micras hasta 115 micras diseminados por las secciones homogéneamente, ocasionalmente bastante fracturados también se presenta como agregados granulares y formas alargadas asociados ocasionalmente con digenita o tetrahedrita intersticial y en la sección de la muestra que esta a mayor profundidad (562607, 2831 m.s.n.m) en contacto neto con marcasita y calcosina; y esporádicamente como estrechas venillas e hilos.

Digenita (2.66%): Se presenta como masas intersticiales entre la pirita, rellenando fracturas en fenocristales de pirita e intercrecida con pirita formando estrechas venillas (muestra M183962).

Tetrahedrita (T): Esta presente en las menas que espacialmente están en el extremo este de esta veta de las siguientes maneras: Tetrahedrita 1: como

diminutos y esporádicos cristales subhedrales a anhedrales de tamaño de grano de 1.5 a 43.2 micras asociados a la matriz, ocasionalmente en contacto neto con pirita, un cristal de la sección de la muestra 562607 contiene un cristal de oro incluido. Tetrahedrita 2: remplazando la arsenopirita y como masas intersticiales a la pirita.

Bornita (3.66%): Se presenta como manchas remplazando parcial o totalmente a la digenita del centro hacia los bordes (muestra M183962).

Covelina (T): Se presenta como masas anhedrales alterando la arsenopirita, cintas bordeando periféricamente a la tetrahedrita o rellenando fracturas en fenocristales de pirita (muestra 562607).

Marcasita (0.2%): Se presenta como agregados granulares y formas concéntricas en contacto con pirita, la cual esta siendo remplazada por tetrahedrita 2 y con una incipiente alteración a covelina (muestra 562607).

Calcosina (T): Se presenta como cristales subhedrales a anhedrales de tamaño de grano de 15 a 30 micras en contacto con pirita y tetrahedrita (muestra 562607).

Limonita (7.33%): Se presenta que espacialmente se encuentra en el extremo oeste de esta veta como masas irregulares, oolíticas y pisolíticas, cintas rellenando fracturas o bordeando moldes relicticos de al parecer cristales euhedrales, hilos paralelos y entrecruzados la cual esta siendo remplazada por hematina y en contacto con ilmenita (muestra A148122).

Hematina (6%): Se presenta como agregados granulares de diminutos cristales redondeados remplazando la limonita (muestra A148122).

Ilmenita (3.66%): Se presenta como masas anhedrales y difusas asociadas a limonita (muestra A148122).

Magnetita (T): Se presenta como cristales euhedrales de hábito prismático de tamaño de grano de 2.5 a 3 micras asociados a la matriz (muestra A148122).

Las menas presentes en esta veta corresponden a los tipos **uno (1) tres (3) y cuatro (4)**. Las paragénesis minerales establecidas para esta veta son:

Las paragénesis minerales establecidas para esta veta son:

✓ **Mena tipo 1:**

Paragénesis 1: Pirita ± Oro ± Tetrahedrita 1 ± Marcasita ± Calcosina

Paragénesis 2: Digenita ± Tetrahedrita 2

✓ **Mena tipo 3:**
Paragénesis 1: Pirita
Paragénesis 2: Tetrahedrita 2

✓ **Mena tipo 4:**
Paragénesis 1: Pirita
Paragénesis 2: Limonita+Ilmenita+Magnetita

Figura 43. Características de la mena uno (1), veta 10. **A.** Cristales euhedrales redondeados y venillas e hilos de pirita (Py). (Muestra P113727, nicoles paralelos). **B.** Cristales subhedrales a anhedrales de pirita (Py) y también como agregados granulares y venillas asociados a digenita (Dy) intersticial la cual esta siendo remplazada del centro hacia los bordes por bornita (Bo). (Muestra M183962, nicoles paralelos)

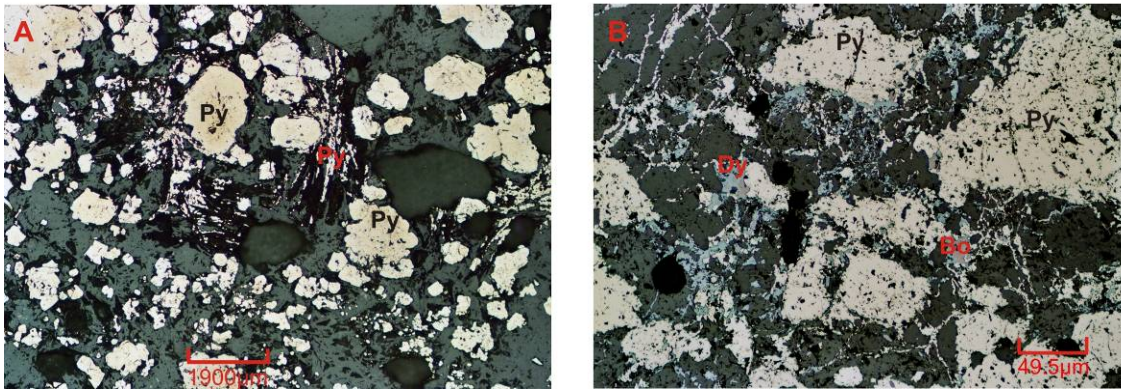


Figura 44. Características de la mena uno (1) y tres (3), veta 10. **A.** Agregados de pirita (Py) en contacto con agregados de marcasita (Mar) la cual esta siendo remplazada por tetrahedrita (Td) y cristales subhedrales de tetrahedrita (Td) bordeados periféricamente por covelina (Co) con un cristal de oro (Au) incluido. **B.** Cristales y agregados granulares de pirita (Py) en contacto con cristales subhedrales de calcosina (Cal) y agregados granulares de marcasita (Mar). (Muestra 562607, nicoles paralelos)

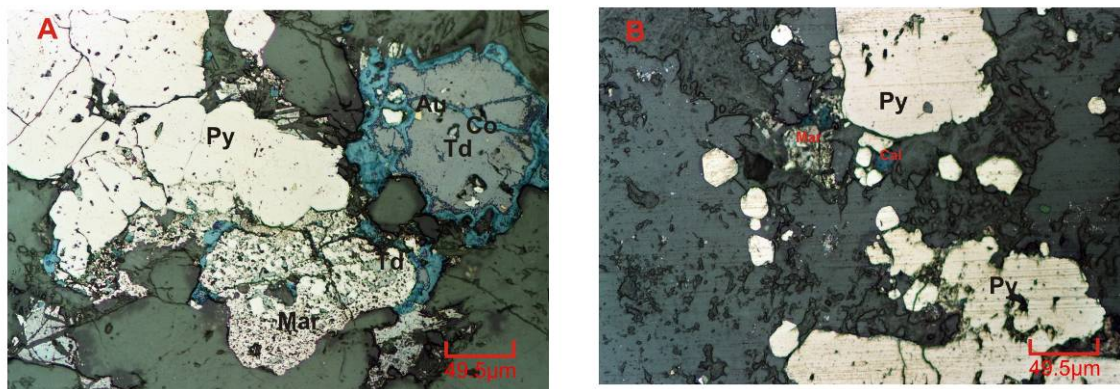
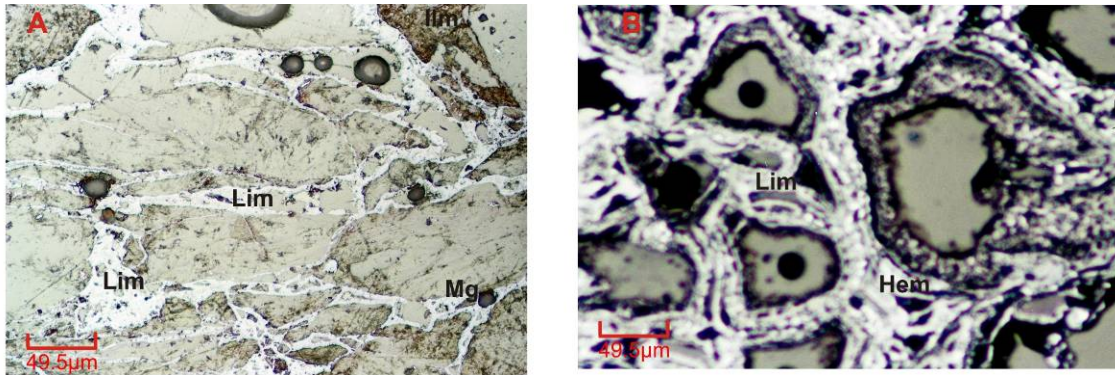


Figura 45. Características de la mena cuatro (4), veta 10. **A.** Masas irregulares, pisolíticas y venillas e hilos de limonita (Lim) y cristales de euhedrales de magnetita (Mg). **B.** Cintas de limonita (Lim) bordeando moldes relictivos de al parecer cristales euhedrales y agregados de hematina (Hem) remplazando la limonita (Lim). (Muestra A148122, nicoles paralelos)



A nivel general la composición mineralógica de las menas de la veta 10 presenta las siguientes características:

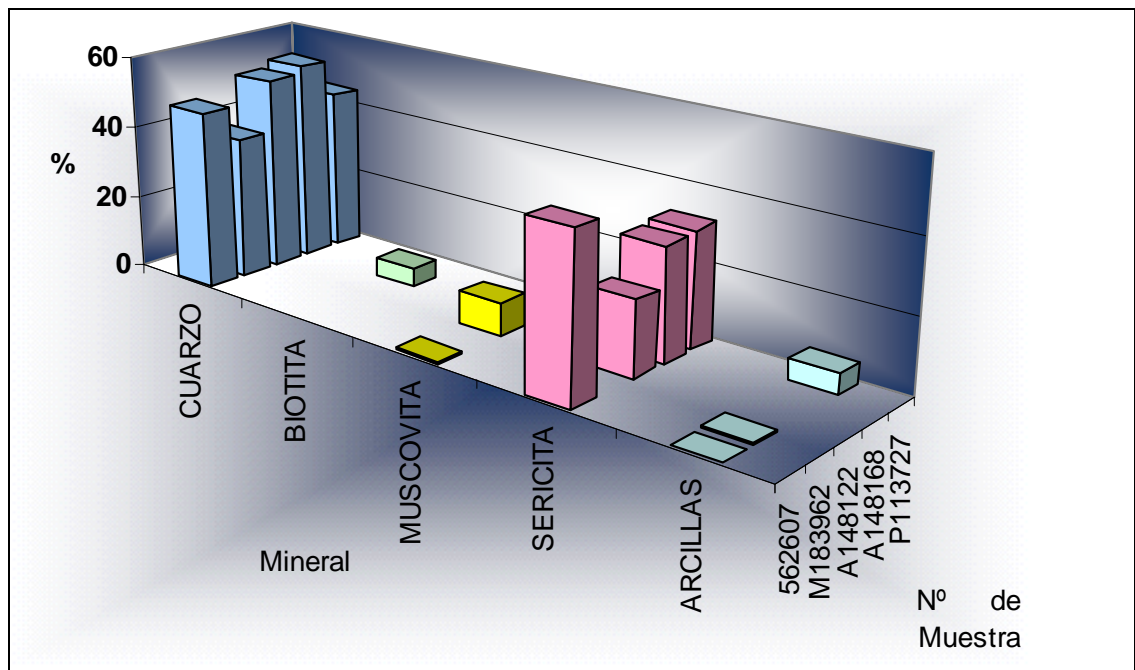
- ✓ El oro encontrado ocurre en esta veta en los depósitos de **mena tipo uno (1)**, en forma libre e incluido en tetrahedrita. Este tipo de mena se presenta desde los 2831 aproximadamente hasta 2941(m.s.n.m), hacia la parte superior de la veta y en dirección nor-este.
- ✓ En la **mena tipo tres (3)** y **mena tipo cuatro (4)** si bien se reporta un tenor de oro y plata elevado (23,80 y 21 g/t), no se observaron estos minerales en las secciones delgadas pulidas lo cual indica un tamaño submicroscópico. La primera se presenta hacia la parte media de la veta, y en la segunda se presenta la única muestra donde la pirita se presenta como mineral traza y es característica de la parte sur oeste y profunda de la veta.
- ✓ Esta veta presenta como mineral común para todas las menas a la pirita, y en la muestra que esta a mayor profundidad presenta marcasita, calcosina y oro; y la bornita ocurre en la muestra que presenta mayor porcentaje de cobre. (muestra M183962).

7.2.2.2 Mineralogía de la ganga

La mineralogía de la ganga de la veta 10, no presenta diferencias en cuanto al tipo de mena, esta formada en su mayoría por sericita asociada a cuarzo

microcristalino y escasa arcillas con un alto contenido de cuarzo relictico, a excepción de una de las secciones que esta formada por cemento de cuarzo; la biotita y la moscovita están presentes como minerales accesorios. (Tabla 9 figura 46)

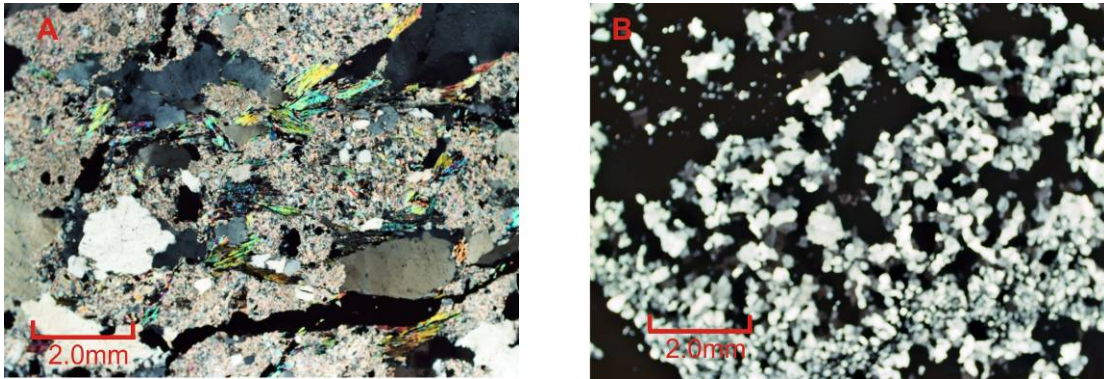
Figura 46. Mineralogía de la ganga veta 10.



La textura de los minerales de la ganga para esta veta es:

- Textura porfiritica-brechoide con cristales de cuarzo relictico (24.5-42.66%) dentro de una matriz formada en su mayoría por agregados de diminutos cristales de habito escamoso de sericita (20.33-44.4%) asociado con agregados granulares de cuarzo microcristalino (9.4-20%) y arcillas (T-5.5%). (ver figura 47, A.)
- Textura granular formada por agregados granulares de cristales de cuarzo de habito hexagonal de tamaño de grano de muy fino a medio en ocasiones formando una textura en cresta con los minerales de la mena diseminados por toda la sección. (ver figura 47, B)

Figura 47. Textura de la ganga veta 10. A. Textura porfiritica-brechoide con cristales de cuarzo relicto y biotita en una matriz formada en su mayoría por agregados granulares de sericita. (Muestra A148168, nicoles cruzados). B. Textura granular formada por agregados granulares de cuarzo (Muestra A183962, nicoles cruzados).



7.2.3 Alteraciones

De acuerdo a las observaciones microscópicas de las secciones delgadas-pulidas para esta veta se describen las siguientes alteraciones:

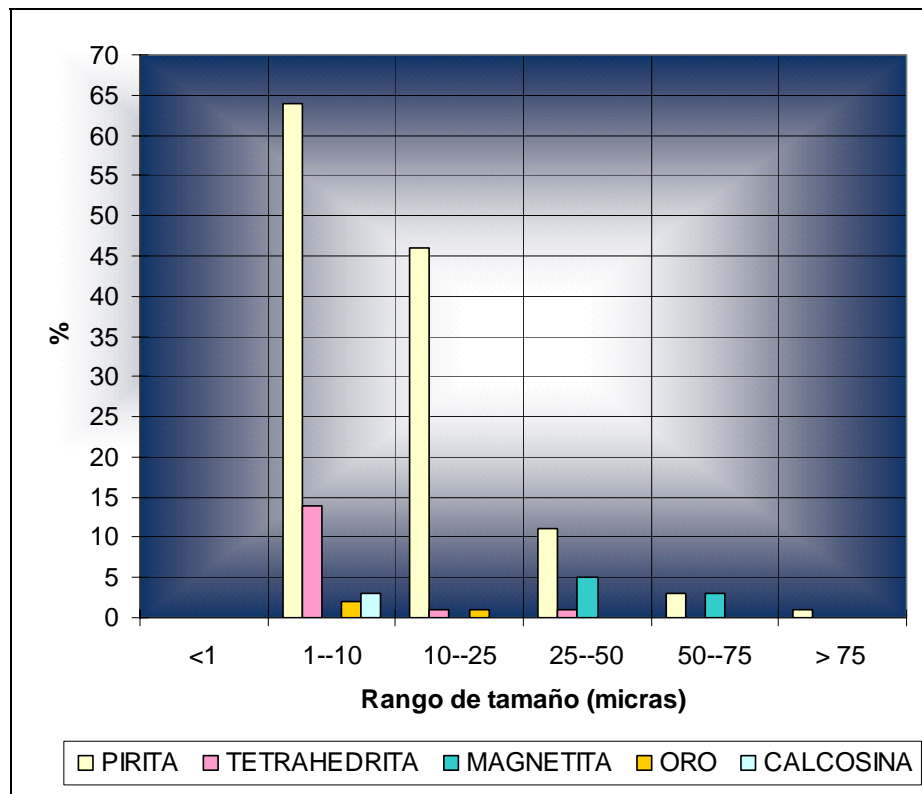
- **Seritización fuerte:** Formada por abundantes agregados granulares de diminutos cristales de sericita de hábito escamoso producto de la mineralización asociada a cuarzo microcristalino constituyendo la matriz de las secciones.
- **Silicificación moderada:** Formada por cuarzo recristalizado de las siguientes maneras: formando la matriz de las secciones como agregados de cuarzo microcristalino asociado a agregados granulares de sericita y como agregados granulares de cristales de hábito hexagonal con sulfuros diseminados e intercrecidos.
- **Argilización baja:** Formada por escasas arcillas que ocurren como manchones de apariencia moteada conservando la alineación de pseudobandeamientos de la roca original asociada con la sericita y el cuarzo microcristalino forman la matriz de las secciones.

7.1.5 Análisis textural (tamaño de grano) de los minerales de la mena.

En la figura 48 se muestra la representación gráfica de la variabilidad de tamaños de grano de los diferentes minerales de la mena en lo posible (dependiendo de la

abundancia del mineral) se realizaron 30 mediciones del tamaño de grano para cada mineral.

Figura 48. Análisis granulométrico de los minerales de la mena de la veta 10.



El tamaño de la pirita en esta veta esta en un rango entre 1 hasta mayor a 75 micras, pero en su mayoría se concentra en el rango entre 1 a 25 micras, la tetrahedrita se distribuye en los rangos de 1 a 50 micras pero concentrándose en su mayoría en el rango de 1 a 10 micras, la magnetita esta en un rango entre 25 a 75 micras al igual que la calcosina y el oro en esta veta se distribuye en el rango entre 1 a 25 micras.

7.3 VETA 12

La veta12 se encuentra comprendida dentro de los valores X, Y, Z máximos y mínimos como se describen:

X: 1130757 – 1131213
Y: 1308003 – 1308231
Z: 2681 - 3166

En la coordenada X esto representa una extensión de aproximadamente 457m, en la coordenada Y de 228m y en la coordenada z de 485m. Se encuentra ubicada hacia el sur del área del proyecto Angostura, tiene una dirección NE-SW. Esta veta se encuentra encajada en la unidad de rocas metamórficas neis cuarzo feldespático y biotítico hornblendítico aflorantes en el área. Se han tomado 575 muestras de esta veta las cuales las 25 son de túnel, 5 de superficie y 545 de núcleo de perforación (A julio de 2005).

A continuación se presentan las características composicionales de la veta

7.3.1 Contenido de oro, plata y cobre

Un análisis estadístico de frecuencias para los tenores de oro, plata y cobre se muestra a continuación:

Tabla 10. Resultados del tratamiento estadístico a los contenidos de oro, plata y cobre para la veta 12

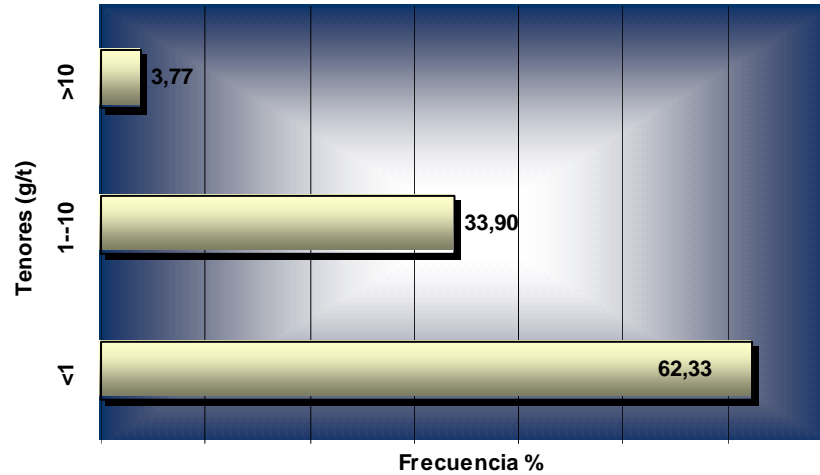
PARAMETRO	Au (g/t)	Ag (g/t)	Cu (%)
# de datos	575	575	575
Media	2,053	16,13	0,135
Mediana	0,635	4,2	0,025
Valor mínimo	0	0	0
Valor máximo	37,35	315,7	4,9

- **Oro:**

Como se observa en la tabla 10 , de los 575 datos el tenor máximo es de 37.35g /t, la media es de 2.053 g /t y la mediana es de 0.635 g /t..

En la figura 49 se muestra un histograma de la distribución de tenores de oro para esta veta.

Figura 49. Histograma de frecuencias tenores de oro veta 12

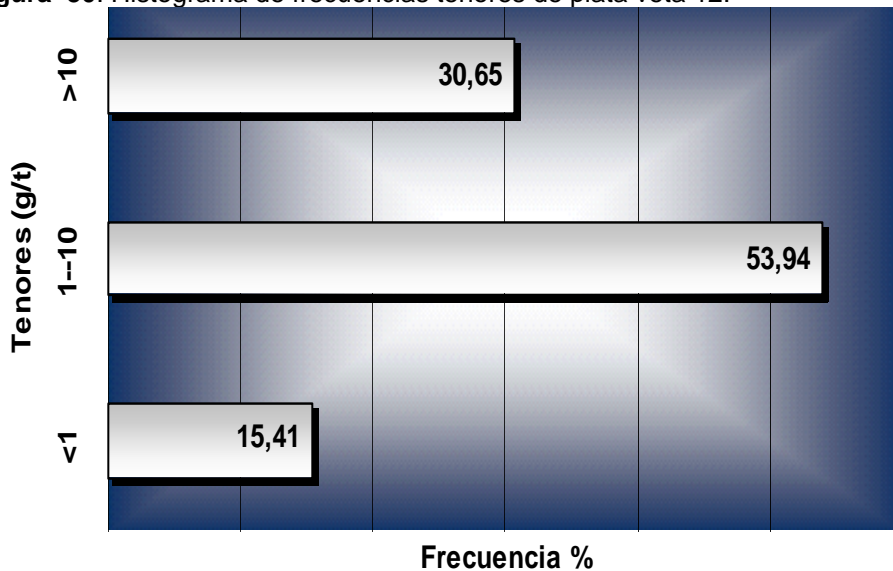


Como se puede observar el 62.33% de los datos presenta tenores de Au entre 0-1g/t, el 33.9% presenta valores entre 1-10 g/t y el 3.77% presenta valores superiores a 10g/t.

- **Plata:**

Como se observa en la tabla 10, de los 575 datos el tenor máximo de Ag es de 315.7 g /t, la media es de 16.13 g /t y la mediana es de 4.2g/t. En la figura 50 se muestra un histograma de la distribución de tenores de plata para esta veta.

Figura 50. Histograma de frecuencias tenores de plata veta 12.

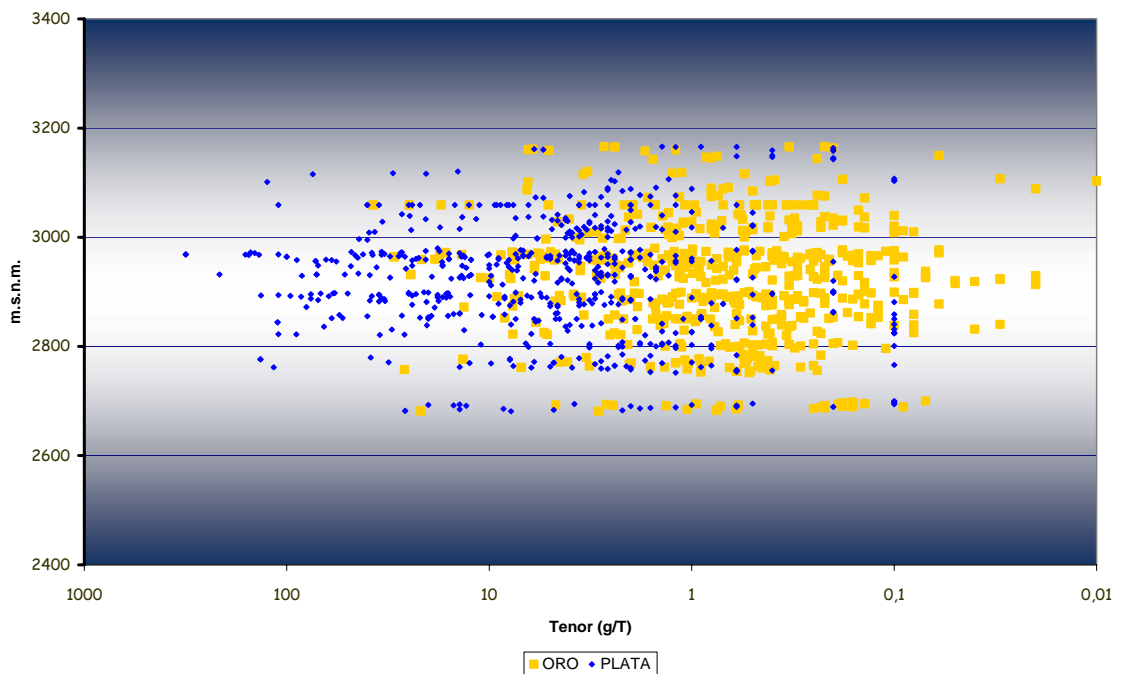


Como se puede observar el 15.4% de los datos presenta tenores de Ag entre 0-1g/t, el 53.94% entre 1-10 g /t y el 30.65% presenta valores superiores a 10g /t.

- **Cobre:**

Como se observa en la tabla 10, de los 575 datos el tenor máximo de Cu es de 4.9%, la media es de 0.135% y la mediana es de 0.025%. La figura 51 se muestra la distribución de tenores de oro y plata en profundidad de las muestras que hacen parte de la veta 12.

Figura 51. Distribución de tenores de oro y plata en profundidad para la veta 12.



Como se observa, la distribución de los tenores de oro y plata en profundidad es homogénea desde 2681 a 3166 m.s.n.m. presentándose visualmente en la gráfica como un conjunto de bandas paralelas con diferentes espesores organizadas a diferentes profundidades con concentraciones de tenores desde mayores a 10 g/t y hasta menores a 1 g/t, separadas entre sí por 10 a 50 metros de espesor.

7.3.2 Composición mineralógica

Para el estudio de la composición mineralógica se escogieron 4 muestras para elaborar sección delgada pulida, las cuales representan tenores altos de oro, plata y cobre y cuya distribución espacial es representativa para la veta 12. (Ver anexo 4, tabla 11, figura 52)

Tabla 11. Muestras con sección delgada-pulida de la veta 12

Nº de muestra	X	Y	Z	Au (g/t)	Ag (g/t)	Cu (%)
13363	1130801	1308054	2682	21,7	26	0,13
A148343	1130907	1308065	2852	8,38	53	2,54
72060	1131092	1308109	3059	37,35	40	0,03
72115	1131150	1308149	3059	24,8	3,6	0

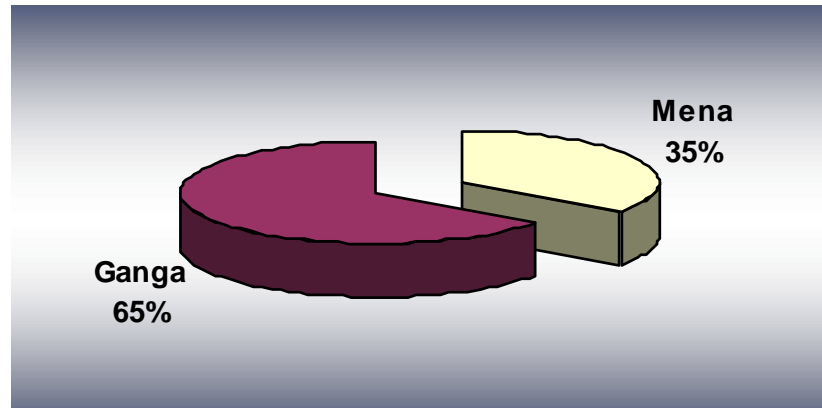
Figura 52. Imagen 3D mostrando la ubicación de las muestras con sección delgada-pulida para la veta 12.



Tomado Greystar Resources, software de Datamine.

La mineralogía establecida para estas secciones delgadas-pulidas se muestra en la tabla 12 y la relación mena ganga se puede observar en al figura 53.

Figura 53. Relación mena-ganga para la veta 12.



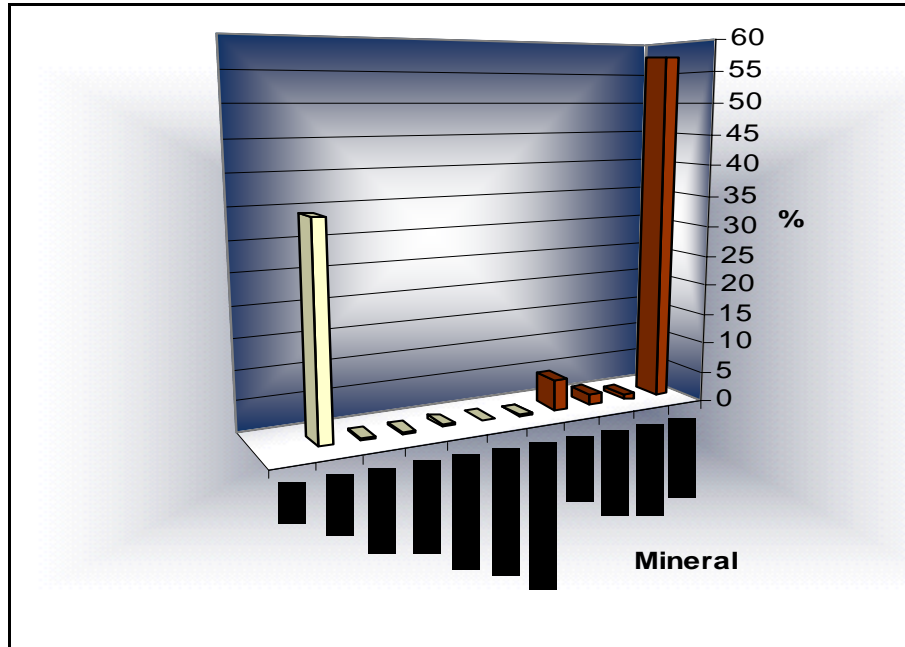
La relación mena – ganga promedio para estas secciones fue del 35%/65%.

Tabla 12. Composición mineralógica de las menas representativas de la veta 12.

Nº de muestra	13363	A148343	72060	72115	% PROMEDIO	
	M.S.N.M					
MINERAL	2682	2852	3059	3059		
PIRITA	77,5	25,5	15,25	18,25	34,125	Mena: 35%
BORNITA	0,5				0,125	
COVELINA	0,001	0,5			0,12525	
MARCASITA		1,5			0,375	
CALCOPIRITA	0,5	0,001			0,12525	
TETRAHEDRITA		0,5	0,001		0,12525	
OPALO		20,5			5,125	Ganga: 65%
SERICITA	0,001	5	1,5		1,62525	
ARCILLAS	1	2	0,001	0,001	0,7505	
CUARZO	20,5	44,5	83,25	81,75	57,5	
TIPO DE MENA	2	2	3	3	=100%	

La composición mineralógica promedio establecida para estas muestras se observa en la figura 54.

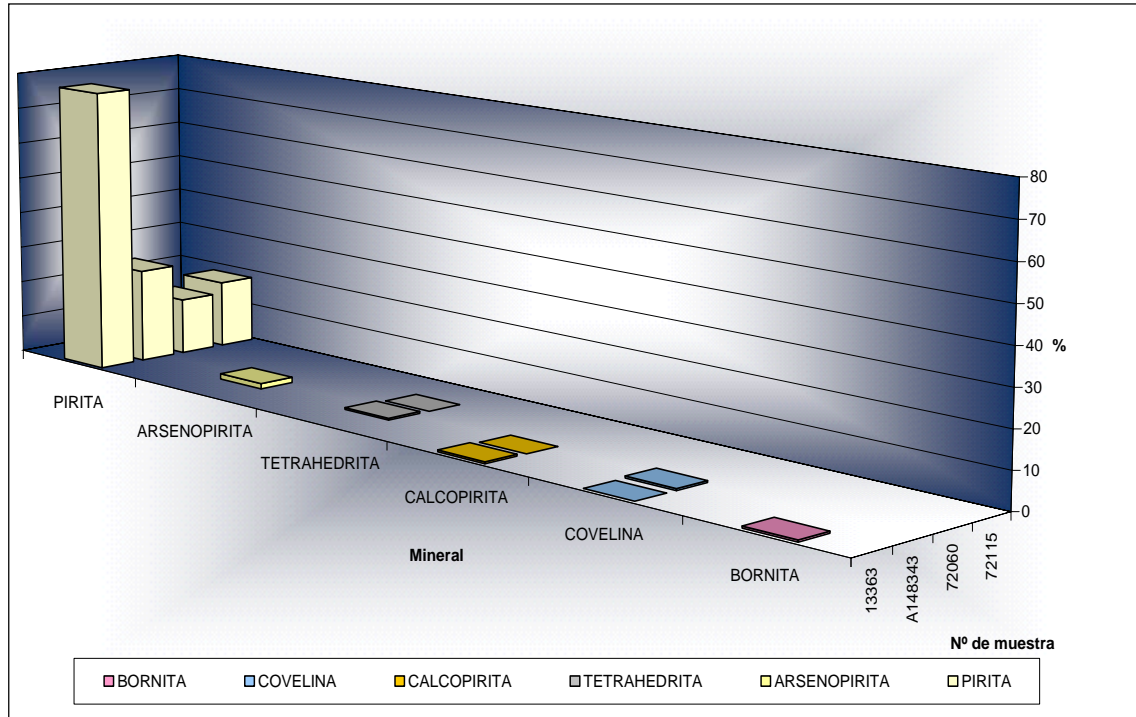
Figura 54. Composición mineralógica **promedio** de las menas de la veta 12



7.3.2.1 Mineralogía de la mena

La mineralogía de la mena de la veta 12 consiste en pirita, bornita, covelina, arsenopirita, calcopirita y tetrahedrita. (Tabla 12, Figura 55). A continuación se presentan las características principales de los minerales y su modo de ocurrencia en toda la veta.

Figura 55. Mineralogía de la mena veta 12.



Pirita (15.25-77.5%): Es el sulfuro predominante presente en todas las menas, se presenta de las siguientes maneras: como cristales individuales euhedrales a anhedrales con tamaños de grano desde 1.5 micras hasta 150 micras diseminadas por las secciones homogéneamente, ocasionalmente presentan una textura cataclástica, también se presenta como agregados granulares asociados ocasionalmente con calcopirita intersticial y en contacto neto con arsenopirita.

Tetrahedrita (T-0.5%): Esta presente en las menas como pequeños y alargados agregados granulares asociados a la matriz y como masas anhedrales y cintas periféricas reemplazando a la arsenopirita.

Bornita (0.5%): Se presenta de la siguientes maneras: Bornita 1: como diminutos cristales euhedrales redondeados de tamaño de grano de 1.5 a 7.5 micras incluidos en pirita. Bornita 2: como manchas reemplazando a la calcopirita asociada con covelina (muestra 13363 que es una de las muestras que esta a mayor profundidad 2682m.s.n.m.).

Covelina (T): Esta presente en las menas que se encuentran a mayor profundidad de esta veta (2682-2852m.s.n.m.) como masas anhedrales alterando la calcopirita y la arsenopirita, del centro hacia los bordes comúnmente asociada con bornita.

Arsenopirita (1.5%): Se presenta como agregados granulares y formas concéntricas en contacto con pirita, la cual esta siendo remplazada por tetrahedrita, asociada interticialmente por calcopirita y con una incipiente alteración a covelina (muestra A148343).

Calcopirita (T-0.5%): Se presenta en las menas que se encuentran a mayor profundidad (2682-2852m.s.n.m.) como masas anhedrales intersticiales a la pirita y ocasionalmente a la arsenopirita con alteración a covelina del centro hacia los bordes.

- ✓ Las menas presentes en esta veta corresponden a los tipos **dos (2) y tres (3)**.

El análisis paragenético permitió determinar las siguientes asociaciones:

- ✓ **Mena tipo 2:**

Paragénesis 1: Pirita±Arsenopirita±Bornita 1

Paragénesis 2: Calcopirita±Tetrahedrita

- ✓ **Mena tipo 3:**

Paragénesis 1: Pirita

Paragénesis 2: Tetrahedrita

Figura 56. Características de la mena tipo 3, veta 12. **A.** Agregado granular de pirita (Py) (Muestra 72115, nicoles paralelos). **B.** Pirita (Py) mostrando la textura cataclástica (Muestra 72060, nicoles paralelos).

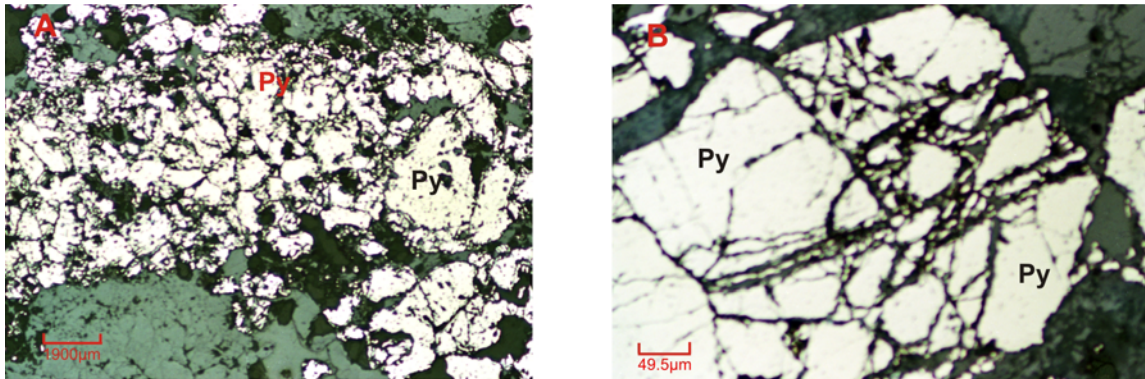
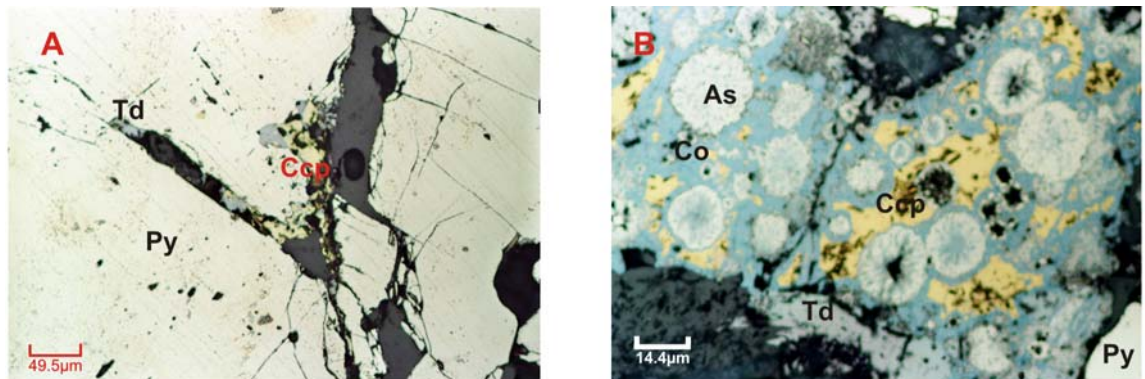


Figura 57. Características de la mena tipo 2, veta 12. **A.** Agregados de pirita (Py) asociados con calcopirita (Ccp) y tetrahedrita (Td) intersticial. (Muestra 13363, nicoles paralelos). **B.** Arsenopirita esferoidal (As) asociada a calcopirita (Ccp) intersticial la cual esta siendo remplazada por covelina (Co). (Muestra A148343, nicoles paralelos)



A nivel general la composición mineralógica de las menas de la veta 12 presenta las siguientes características:

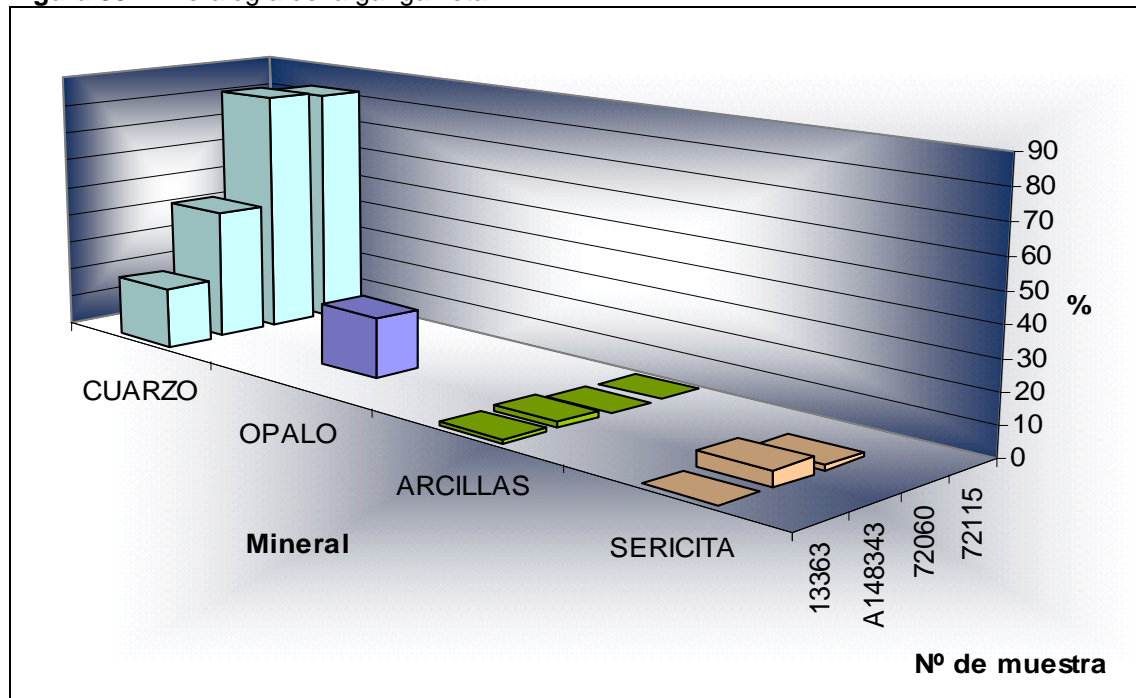
- ✓ La **mena tipo 2** ocurre en las muestras que espacialmente están en el extremo sur-oeste y se presentan a mayor profundidad (entre 2682-2852 m.s.n.m). Presenta una mineralogía mucho mas compleja que la mena 3 con la presencia de covelina, calcopirita y eventualmente tetrahedrita.
- ✓ La **mena tipo 3** ocurre en las muestras que espacialmente están en el extremo nor-este y se encuentran a menor profundidad. (3059 m.s.n.m) y su mineralogía es básicamente pirita, con un porcentaje muy elevado de ganga.

- ✓ Esta veta presenta como mineral común para todas las menas a la pirita, la ocurrencia de arsenopirita solo es observada en la muestra A148843 con respecto a las descritas en este estudio.
- ✓ Si bien se reportan tenores de oro y plata elevados en esta veta (entre 8,38-37,35 g/t), no se observó este mineral en las secciones delgadas pulidas lo cual indica su tamaño submicroscópico.

7.3.2.2 Mineralogía de la ganga

La mineralogía de la ganga de la veta 12 esta formada en su mayoría por cuarzo microcristalino asociado con escasa sericita y arcillas y un alto contenido de cuarzo relictico. En el tipo de mena tres (3) el porcentaje de cuarzo es muy elevado (80%) con respecto a mena tipo dos (2). En la sección de la muestra A148843 se observo la presencia de ópalo (Tabla 12, Figura 58).

Figura 58. Mineralogía de la ganga veta 12.

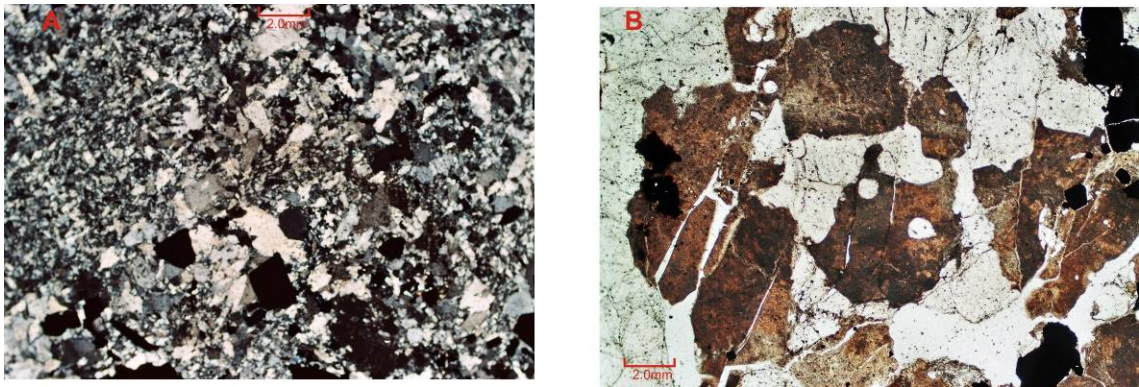


La textura de los minerales de la ganga para esta veta es:

- Textura porfiritica-brechoide con cristales de cuarzo relictico (17-44%) dentro de una matriz formada en su mayoría por agregados de cuarzo microcristalino (7-65%) asociados con arcillas (T-2%) y agregados de sericita (T-5%). (ver figura 59, A.)

- Textura granular formada por agregados granulares de cuarzo relictico y cuarzo recrystalizado en una de las muestras asociado a ópalo. (ver figura 59, B)

Figura 59. Texturas de la ganga, mena tipo tres (3), veta 12. A. Textura porfirítica brechoide constituida de cristales de cuarzo relictico en una matriz formada en su mayoría por cuarzo microcristalino. (Muestra 72060, nicoles cruzados). B. Textura Granular constituida por cristales de cuarzo relictico y ópalo (Muestra A148843, nicoles paralelos).



7.3.3 Alteraciones

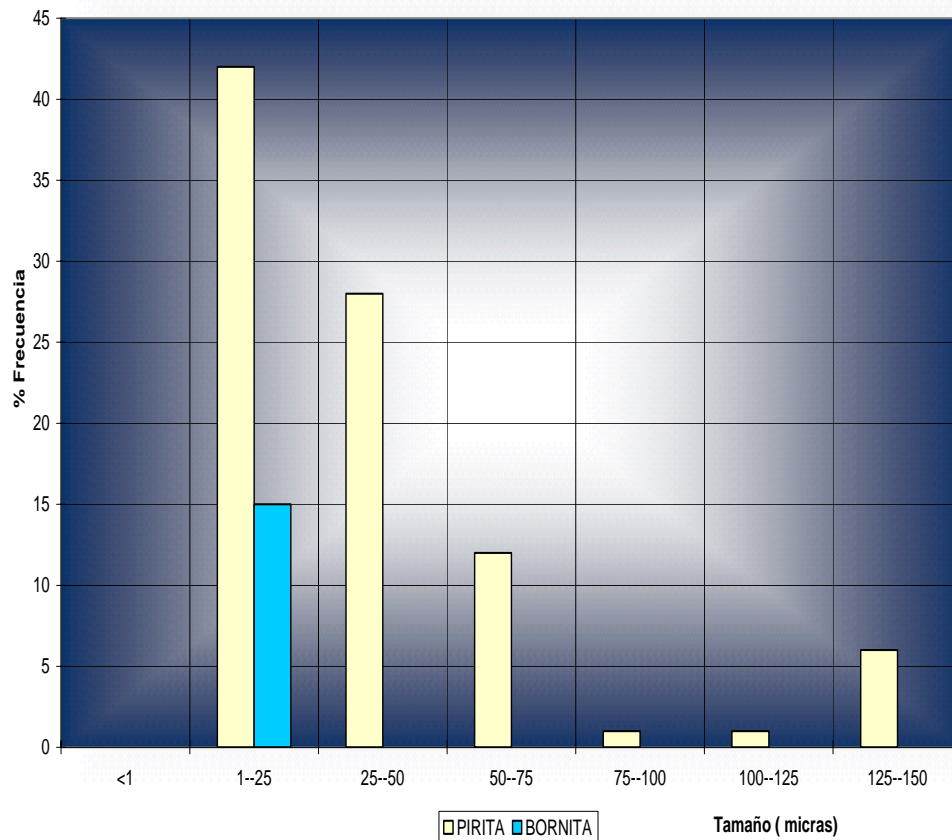
De acuerdo a las observaciones microscópicas de las secciones delgadas-pulidas para esta veta se describen las siguientes alteraciones:

- **Silicificación fuerte:** Formada por cuarzo recrystalizado de las siguientes maneras: formando la matriz de las secciones como agregados de cuarzo microcristalino asociado a agregados granulares de sericita o arcillas, agregados granulares de cristales de hábito hexagonal con sulfuros diseminados e intercrecidos y formando estrechas venillas que cortan las secciones transversalmente.
- **Seritización baja:** Formada por escasos agregados granulares de diminutos cristales de sericita de hábito escamoso producto de la mineralización asociada a cuarzo microcristalino y arcillas constituyendo la matriz de las secciones.
- **Argilización baja:** Formada por escasas arcillas que ocurren como manchones de apariencia moteada asociada con la sericita y el cuarzo microcristalino formando la matriz de las secciones.

7.3.4 Análisis textural (tamaño de grano) de los minerales de la mena.

En la figura 60 se muestra la representación gráfica de la variabilidad de tamaños de grano de los diferentes minerales de la mena en lo posible (dependiendo de la abundancia del mineral) se realizaron 30 mediciones del tamaño de grano para cada mineral.

Figura 60. Análisis granulométrico de los minerales de la mena de la veta 12.



En esta veta ocurrían como cristales solo la pirita y la bornita, la pirita en un rango de tamaño de grano entre 1 a 150 micras ocurriendo con mayor frecuencia en el rango de 1 a 50 micras y la bornita en un tamaño de grano de 1 a 25 micras.

7. 4 VETA 15

La veta 15 se encuentra comprendida dentro de los valores X, Y, Z máximos y mínimos como se describen:

X: 1130745 - 1131105

Y: 1307668 - 1307992

Z: 2502 - 3033

En la coordenada esto representa una extensión X de aproximadamente 360m, en la coordenada Y de 324m y en la coordenada z de 531m.

Se encuentra ubicada en la parte sur del área del proyecto Angostura, tiene una dirección NE-SW. Se encuentra encajada en la unidad de rocas metamórficas neis cuarzo feldespático y en la parte norte en la unidad de rocas ígneas tonalita aflorantes en el área de estudio. Se han tomado 1071 muestras de las cuales las 7 son de superficie y 1066 de núcleo de perforación (A julio de 2005).

A continuación se presentan las características composicionales de la veta 15.

7.4.1 Contenido de oro, plata y cobre

Un análisis estadístico de frecuencias para los tenores de oro, plata y cobre se muestra a continuación:

Tabla 13. Resultados del tratamiento estadístico a los contenidos de oro, plata y cobre para la veta 15

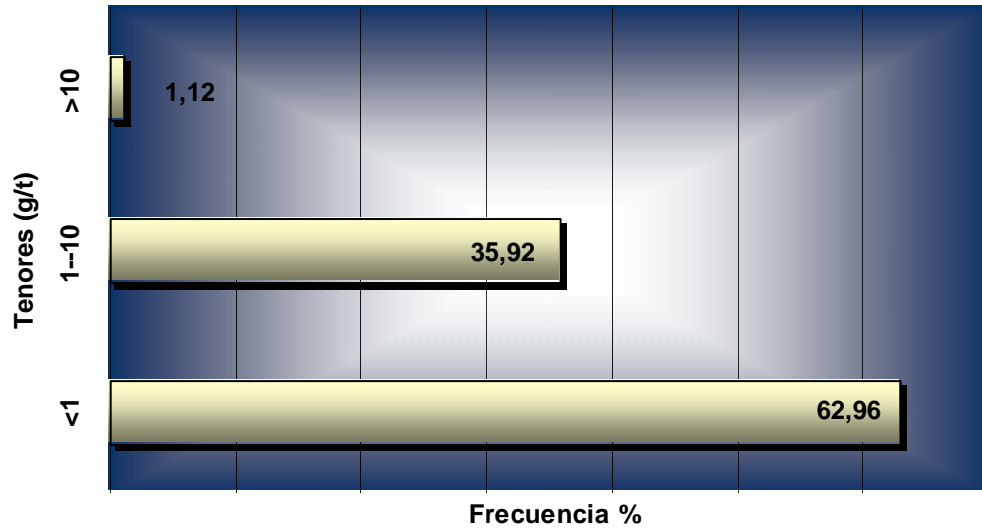
PARAMETRO	Au (g/t)	Ag (g/t)	Cu (%)
# de datos	1071	1071	1071
Media	1,491	5,249	0,058
Mediana	0,8	2,6	0,022
Valor mínimo	0	0	0
Valor máximo	19,24	100	1,5

- **Oro:**

Como se observa en la tabla 13, de los 1071 datos el tenor máximo de Au es de 19.24 g/t, la media es de 1.491 g/t y la mediana es de 0.8 g/t.

En la figura 61 se muestra un histograma de la distribución de tenores de oro para la veta 15.

Figura 61. Histograma de frecuencia para tenores de oro, veta 15.

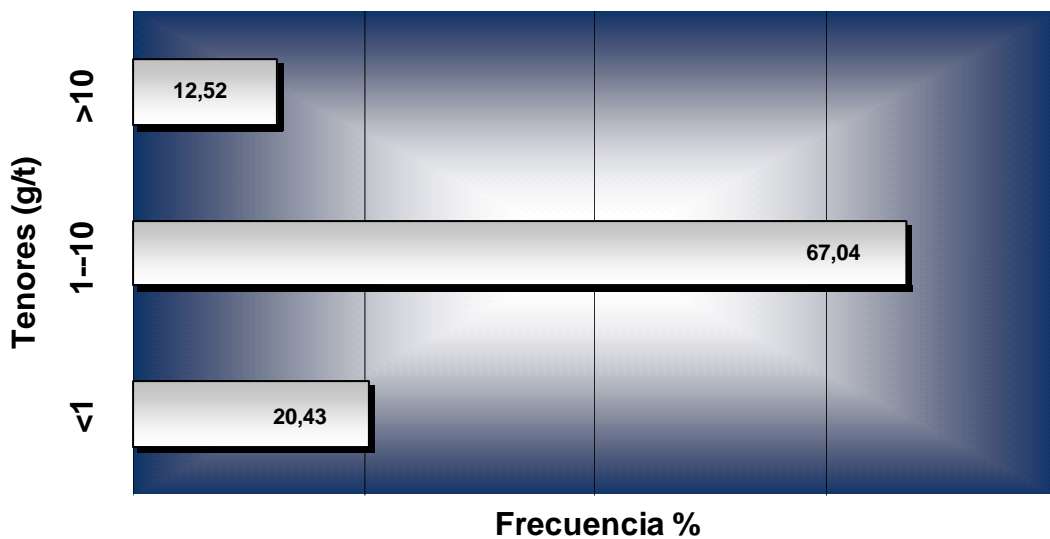


Como se puede observar el 62.96% de los datos presenta tenores de Au entre 0-1g /t, el 35.92% presenta valores entre 1-10 g /t y el 1.12% presenta valores superiores a 10g /t.

- **Plata:**

Como se observa en la tabla 13, de los 1070 datos el tenor máximo de Ag es de 100 g /t, la media es de 5.249 g /t y la mediana es de 2.6g/t. En la figura 62 se muestra un histograma de la distribución de tenores de plata para esta veta.

Figura 62. Histograma de frecuencias tenores de plata veta 15.



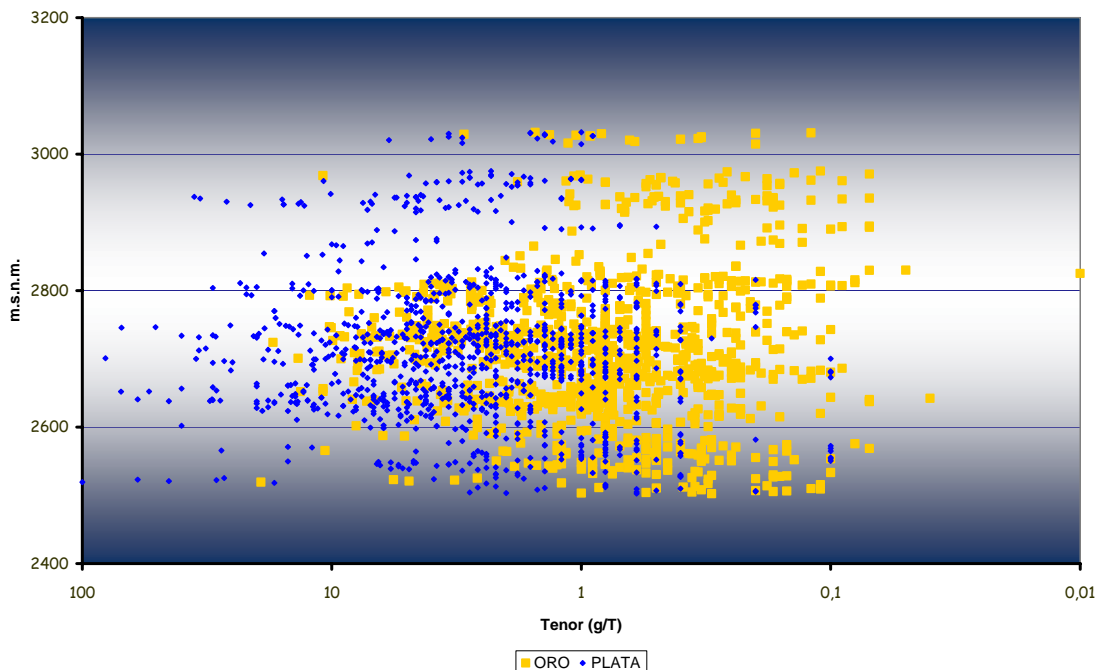
Como se puede observar el 20.43% de los datos presenta tenores de Ag entre 0-1g t, el 67.04% presenta valores entre 1-10 g/t y el 12.52% presenta valores superiores a 10g/t.

- **Cobre:**

Como se observa en la tabla 13, de los 1070 datos el tenor máximo de Cu es de 1.5%, la media es de 0.058% y la mediana es de 0.022%.

La figura 63 se muestra la distribución de tenores de oro y plata en profundidad de las muestras que hacen parte de la veta 15.

Figura 63. Distribución de tenores de oro y plata en profundidad para la veta 15.



Como se observa, la distribución de los tenores de oro y plata en profundidad es homogénea desde 2502 a 3033 m.s.n.m. presentándose visualmente en la gráfica como un conjunto de bandas paralelas con diferentes espesores organizadas a diferentes profundidades con concentraciones de tenores desde mayores a 10 g/t y hasta menores a 1 g/t, separadas entre sí por 10 a 20 metros de espesor.

7.4.2 Composición mineralógica

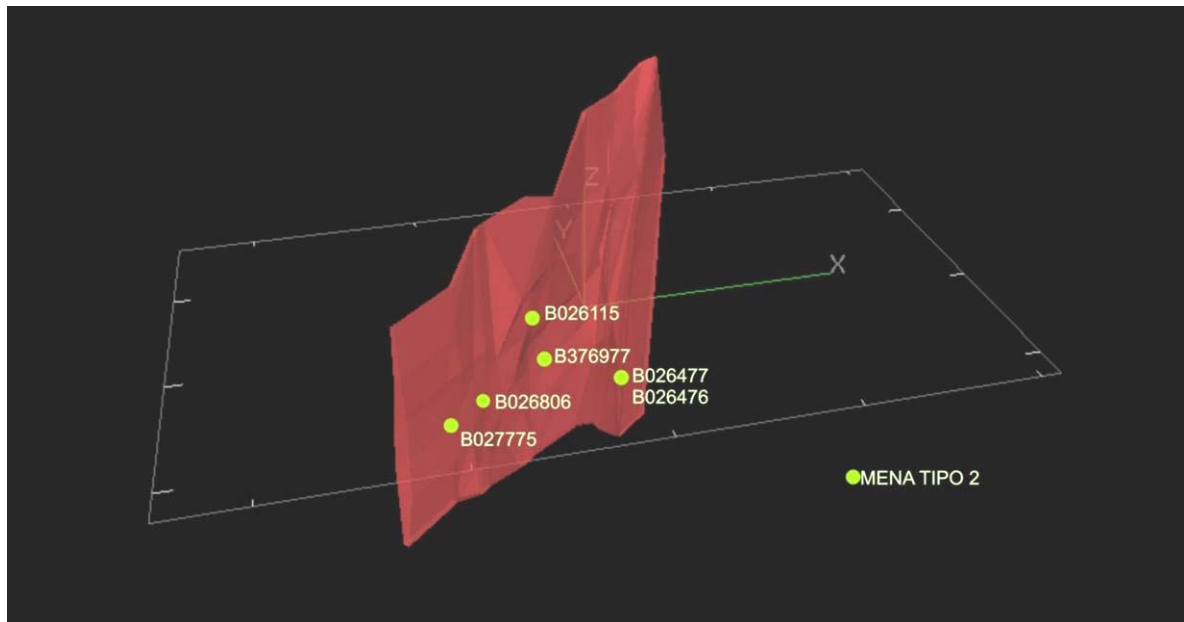
Para el estudio de la composición mineralógica se escogieron 6 muestras para elaborar sección delgada pulida, las cuales representan tenores altos de oro, plata y cobre y cuya distribución espacial es representativa para la veta 15. (Ver anexo 4, tabla 14, figura 64)

Tabla 14. Muestras con sección delgada-pulida de la veta 15

Nº de muestra	X	Y	Z	Au (g/t)	Ag (g/t)	Cu (%)
B026477*	131051	307955	2519	19,24	100	1
B026476	131050	307968	2521	4,9	45	0,65
B027775	130746	307699	2700	9,19	35	0,109
B376977	130892	307811	2701	13,65	80,80	1,26
B026806	130788	307706	2724	17,22	10,2	0,022
B026115*	130869	307774	2798	6,07	7,2	0,128

(*): En estas muestras se observó oro al microscopio.

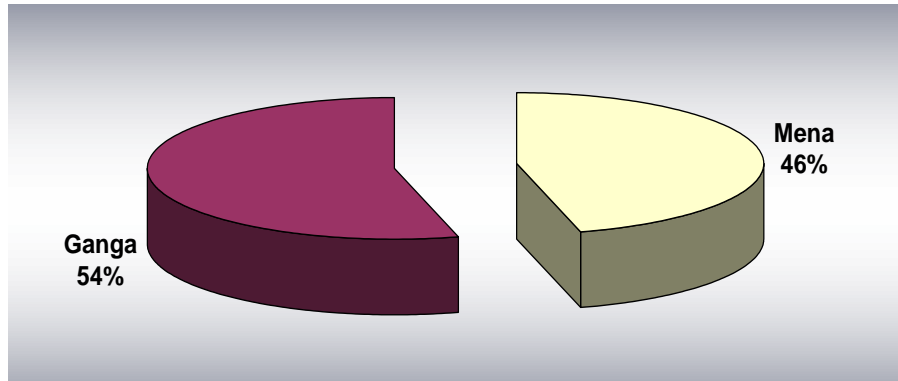
Figura 64. Imagen 3D mostrando la ubicación de las muestras con sección delgada-pulida para la veta 15.



Tomado Greystar Resources, software de Datamine.

La mineralogía establecida para estas secciones delgadas-pulidas se muestra en la tabla 15 y la relación mena ganga se puede observar en la figura 65.

Figura 65. Relación mena-ganga para la veta 15.



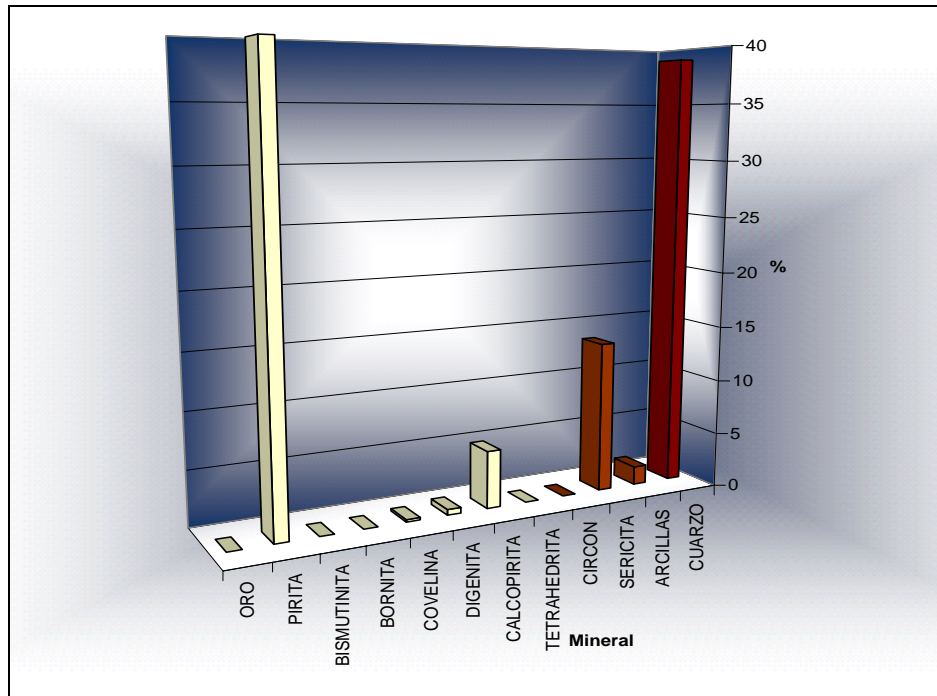
La relación mena – ganga promedio para estas secciones fue de 46%/54%.

La composición mineralógica promedio establecida para estas muestras se observa en la figura 66.

Tabla 15. Composición mineralógica de las menas representativas de la veta 15

Nº de muestra	B026477	B026476	B027775	B376977	B026806	B026115	PROMEDIO	
MINERAL	M.S.N.M							
	2519	2521	2700	2701	2724	2798		
ORO	0,001					0,001	0,00033	Mena: 46%
PIRITA	36,25	30,5	53,25	55	43,66	20,5	39,86	
BISMUTINITA						0,001	0,00017	
BORNITA	0,001	0,001					0,00033	
COVELINA	0,001				0,001	1,25	0,20867	
DIGENITA		3	0,001				0,50017	
CALCOPIRITA	15	6,5	1	5,6	0,001	3	5,1835	
TETRAHEDRITA	0,001				0,001		0,00033	
CIRCON						0,001	0,00017	Ganga: 54%
SERICITA	5,5	20	30	1,33		25,25	13,68	
ARCILLAS		5				5	1,66667	
CUARZO	43,25	35	15,75	38	56,33	45	38,8883	
TIPO DE MENA	2	2	2	2	2	2	=100%	

Figura 66. Composición mineralógica promedio de las menas de la veta 15

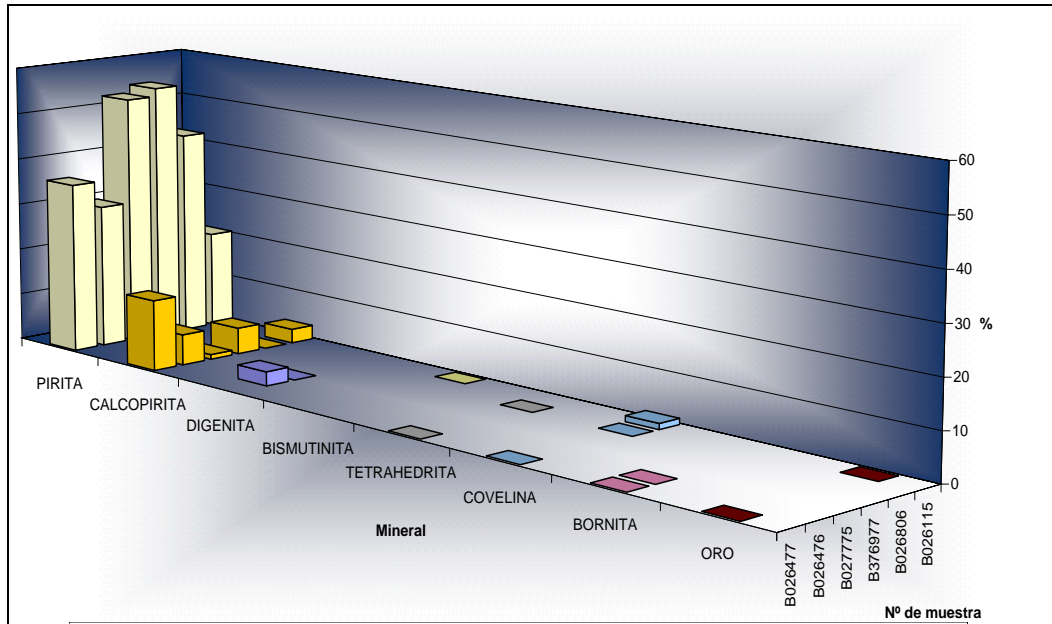


7.4.2.1 Mineralogía de la mena

La mineralogía de la mena de la veta 15 consiste en oro, pirita, digenita, bornita, covelina, calcopirita, bismutinita y tetrahedrita. (Tabla 15, Figura 67).

A continuación se presentan las características principales de los minerales y su modo de ocurrencia en toda la veta.

Figura 67. Composición mineralógica de las menas de la veta 15.



Oro (T): Ocurre como un cristal anhedral con bordes irregulares de tamaño de grano de 7.5 micras incluido en tetrahedrita (muestra B026477 ubicada espacialmente en el extremo oeste de esta veta y es una de las menas a mayor profundidad 2519 m.s.n.m.) y ocurre un cristal euhedral de habito prismático de tamaño de grano de 5 micras incluido en un cristal de pirita (muestra B026115 que espacialmente esta en al parte media de esta veta y es una de las menas de menor profundidad 2798 m.s.n.m.).

Pirita (20-55%): Es el sulfuro predominante presente en todas las menas, se presenta como cristales individuales euhedrales a subhedrales con tamaños de grano desde 1.5 a 250 micras diseminados por las secciones homogéneamente, también se presenta como agregados granulares asociados con calcopirita y localmente con digenita intersticial y en contacto neto con tetrahedrita, también como estrechas y discontinuas venillas, algunos de los cristales contienen cristales de calcopirita, oro y bornita incluidos..

Calcopirita (0.5.15%): Esta presente en todas las menas de las siguientes maneras: como masas intersticiales entre los agregados granulares de pirita alterándose a covelina del centro hacia los bordes y localmente remplazada por digenita, también como cristales individuales anhedrales a subhedrales de tamaño de grano de 9 a 100 micras asociados a la matriz y como cristales subhedrales de tamaño de grano 14 a 25 micras incluidos en cristales de pirita.

Digenita (T-3%): Esta presente en las secciones de las muestras que espacialmente están en el extremo oeste de las siguientes manera: como masas intersticiales entre la pirita y como cintas periféricas bordeando a la calcopirita.

Tetrahedrita (T): Esta presente como cristales euhedrales a subhedrales de tamaño de grano de 7 a 22 micras asociados en contacto neto con pirita y asociados a la matriz, en uno de estos cristales se observó un cristal de oro incluido.

Bornita (T): Esta presente en las secciones de las muestras que espacialmente están a mayor profundidad (2519-2521m.s.n.m.) como diminutos cristales redondeados de tamaño de grano de 4 a 20 micras incluidos en pirita.

Covelina (T-1.25%): Esta presente como manchas remplazando del centro hacia los bordes a la calcopirita

Bismutinita (T): Se presenta como un cristal subhedral de tamaño de grano de 25 micras en contacto con pirita y asociado a calcopirita intersticial (muestra B026115).

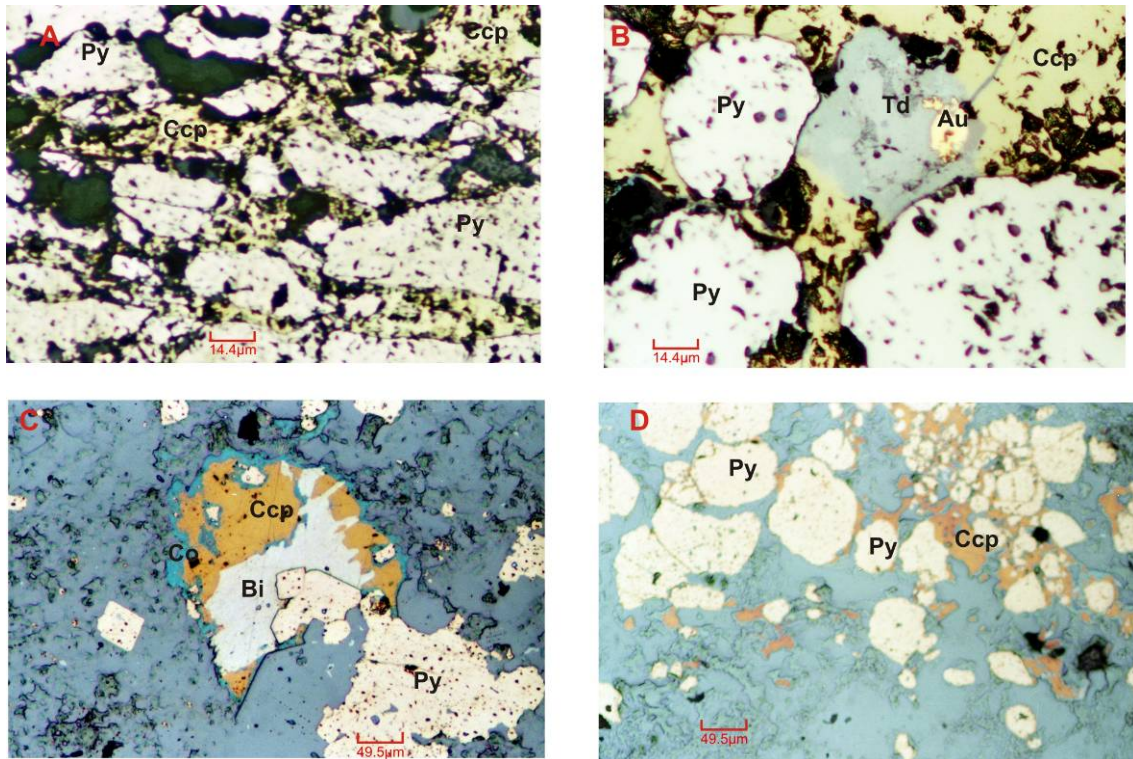
La mena presente en esta veta corresponde al tipo **dos (2)**. Las paragénesis minerales establecidas para esta veta son:

✓ **Mena tipo 2:**

Paragénesis 1: Pirita±Oro±Bornita±Tetrahedrita±Bismutinita

Paragénesis 2: Calcopirita±Digenita

Figura 68. Características mineralógicas de la mena tipo dos (2), veta 15. **A.** Agregado de pirita (Py) asociado intersticialmente y rellenando fracturas a calcopirita (Ccp). **B.** Cristales subhedrales de pirita (Py) y de tetrahedrita (Td) con un cristal de oro (Au) incluido asociados con calcopirita (Ccp) intersticial. (Muestra B026477, nicoles paralelos). **C.** Cristal subhedral de bismutinita (Bi) en contacto con cristales de pirita (Py) asociado intersticialmente con calcopirita (Ccp) la cual esta siendo remplazada periféricamente por covelina (Co).(Muestra B026115, nicoles paralelos). **D.** Cristales subhedrales de pirita (Py) asociados intersticialmente a calcopirita (Ccp). (Muestra B026476, nicoles paralelos).



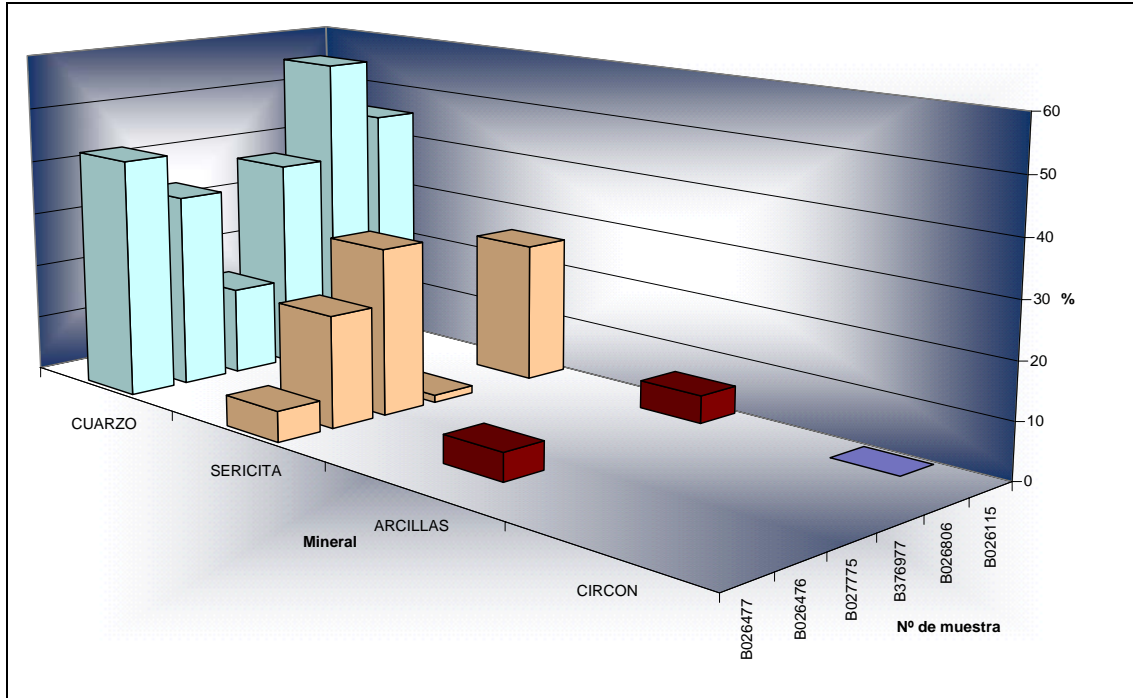
A nivel general la composición mineralógica de las menas de la veta 15 presenta las siguientes características:

- ✓ El oro ocurre en esta veta en los depósitos de **mena tipo dos (2)**, esta asociada a tetrahedrita y pirita. La cual se presenta entre los 2519-2798 (m.s.n.m), constante en todas las muestras.
- ✓ Esta veta presenta como minerales comunes para todas las menas a la pirita y a la calcopirita, la bornita ocurre en las secciones de las muestras que están a mayor profundidad y la ocurrencia de bismutinita solo fue observada en la muestra B026115 de todas las del estudio.

7.4.2.2 Mineralogía de la ganga

La mineralogía de la ganga de la veta 15 como se observa en la figura 69 esta formada por cuarzo relictico, cuarzo microcristalino, sericita y escasas arcillas a excepción de la sección de la muestra B026806 cuya ganga esta compuesta por cemento de cuarzo.

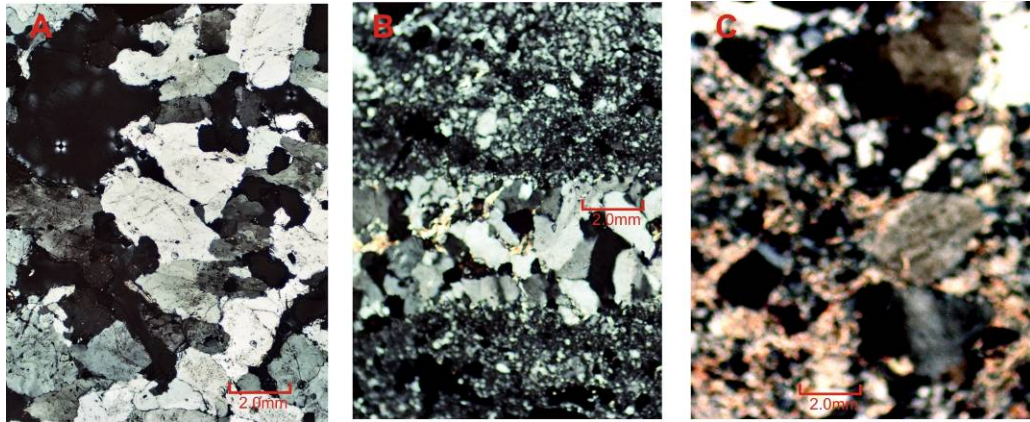
Figura 69. Mineralogía de la ganga veta 15.



La textura de los minerales de la ganga para esta veta es:

- Textura porfiritica-brechoide con cristales de cuarzo relictico (8-25%) dentro de una matriz formada por agregados de diminutos cristales de habito escamoso de sericita (1.33-25%) asociado con agregados granulares de cuarzo microcristalino (15-30%) y arcillas (5%). (ver figura 70, B y C)
- Textura granular formada por agregados granulares de cristales de cuarzo de habito hexagonal de tamaño de grano de muy fino a medio en ocasiones formando una textura en cresta con los minerales de la mena diseminados por toda la sección. (ver figura 70, A)

Figura 70. Textura de la ganga veta 15. **A.** Textura granular formada por agregados granulares de cuarzo (Muestra B026806, nicols cruzados). **B.** Textura porfiritica-brechoide con cristales de cuarzo relictico en una matriz formada en su mayoría por agregados granulares de cuarzo microcristalino cortada por una venilla de cuarzo. (Muestra B376977, nicols cruzados). **C.** Textura porfiritica-brechoide con cristales de cuarzo relictico en una matriz formada en su mayoría por agregados granulares de sericita y cuarzo microcristalino. (Muestra B026476, nicols cruzados).



7.2.3 Alteraciones

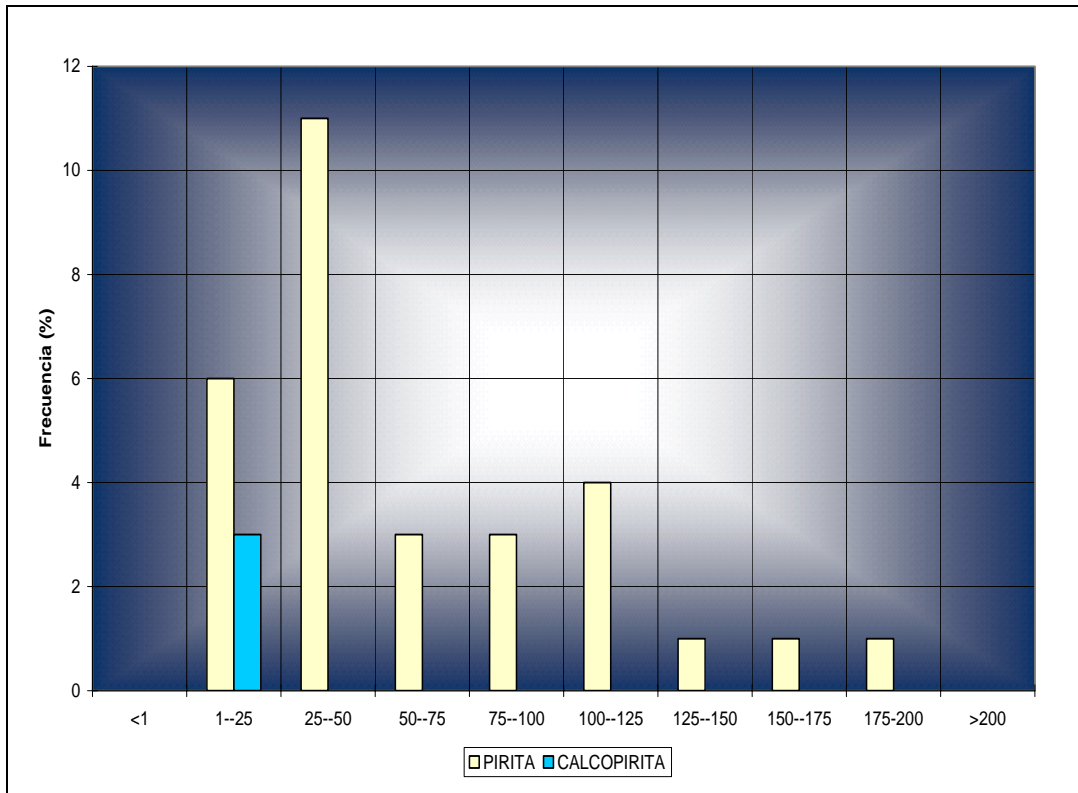
De acuerdo a las observaciones microscópicas de las secciones delgadas-pulidas para esta veta se describen las siguientes alteraciones:

- **Silicificación fuerte:** Formada por cuarzo recristalizado de las siguientes maneras: formando la matriz de las secciones como agregados de cuarzo microcristalino asociado a agregados granulares de sericita, como agregados granulares de cristales de hábito hexagonal con sulfuros diseminados e intercrecidos y formando venillas que atraviesan las secciones.
- **Seritización moderada:** Formada por agregados granulares de diminutos cristales de sericita de hábito escamoso producto de la mineralización asociada a cuarzo microcristalino constituyendo la matriz de las secciones.
- **Argilización baja:** Formada por escasas arcillas que ocurren como manchones de apariencia moteada asociada con la sericita y el cuarzo microcristalino forman la matriz de las secciones.

7.4.4 Tamaño de grano de los minerales de los cristales de la mena

En la figura 71 se muestra la representación gráfica de la variabilidad de tamaños de grano de los diferentes minerales de la mena en lo posible (dependiendo de la abundancia del mineral) se realizaron 30 mediciones del tamaño de grano para cada mineral.

Figura 71. Análisis granulométrico de los minerales de la mena veta 15.



El tamaño de grano de la pirita se distribuye entre 1 micras hasta 200 micras, el rango predominante es el de 1 a 50 micras, seguido del rango entre 50 a 125 micras y en menor ocurrencia el rango entre 125 a 200 micras; la calcopirita en estas menas ocurre en el rango entre 1 a 25 micras.

7.5 VETA 23

La veta 23 se encuentra comprendida dentro de los valores X, Y, Z máximos y mínimos como se describen:

X: 130543 - 1131197

Y: 1308273 - 1308707

Z: 2629 - 3234

En la coordenada X esto representa una extensión de aproximadamente 654m, en la coordenada Y de 134m y en la coordenada z de 605m. Se encuentra ubicada en la parte central del área del proyecto Angostura, tiene una dirección E-W y se encuentra encajada en la unidad de rocas metamórficas neis cuarzo feldespático y biotítico hornblendítico aflorantes en el área. Se han tomado 1148 muestras, de las cuales las 12 son de superficie, 38 de túnel y 1098 de núcleo de perforación (A julio de 2005).

A continuación se presentan las características composicionales de la veta 23.

7.5.1 Contenido de oro, plata y cobre

Un análisis estadístico de frecuencias para los tenores de oro, plata y cobre se muestra a continuación:

Tabla 16. Resultados del tratamiento estadístico a los contenidos de oro, plata y cobre para la veta 23

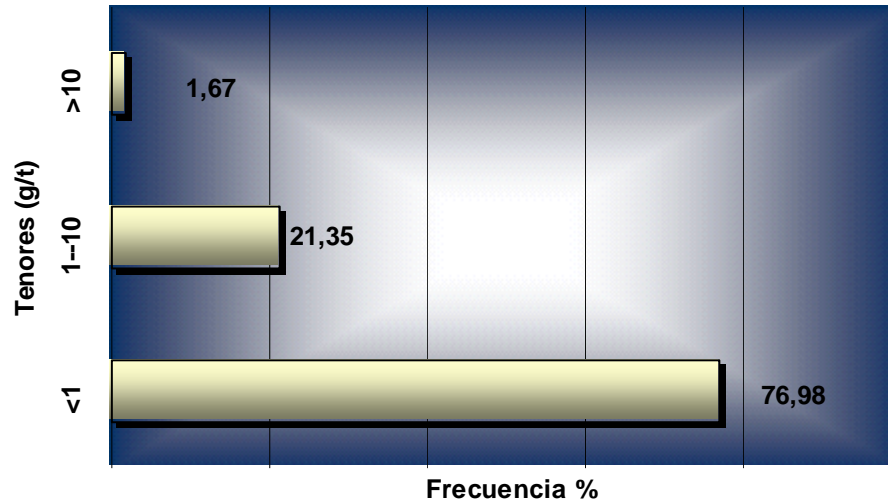
PARAMETRO	Au (g/t)	Ag (g/t)	Cu (%)
# de datos	1148	1148	1148
Media	1,142	8,051	0,041
Mediana	0,43	2,6	0,017
Valor mínimo	0	0	0
Valor máximo	39,79	206	1,2

- **Oro::**

Como se observa en la tabla 16, de los 1148 datos, el tenor máximo de Au es de 39.79g/t, la media es de 1.142g /t y la mediana es de 0.43 g /t..

En la figura 72 se muestra un histograma de la distribución de tenores de oro para esta veta.

Figura 72. Histograma de frecuencias tenores de oro veta 23

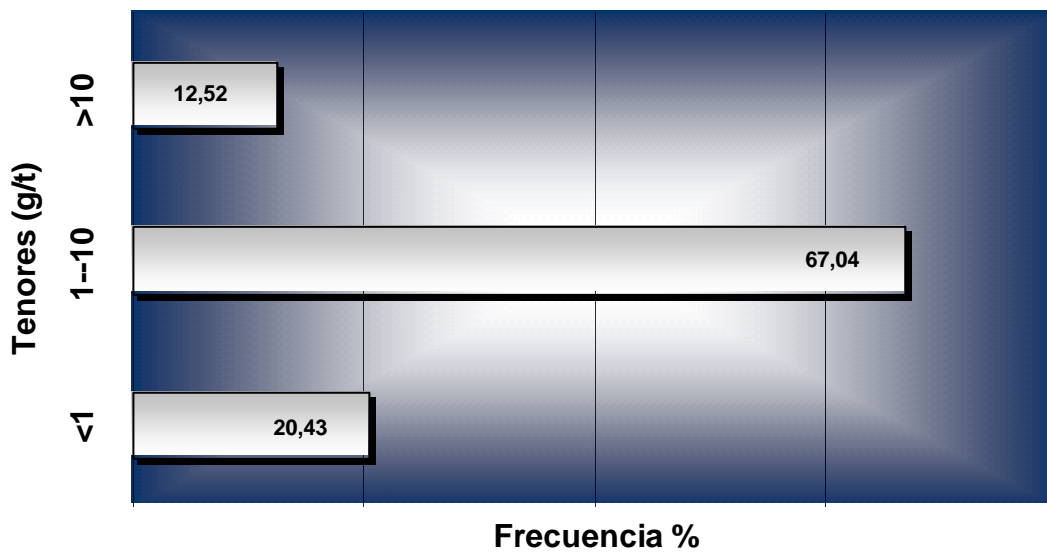


Como se puede observar el 76.98% de los datos presenta tenores entre de Au entre 0-1g/t, el 21.35% presenta valores entre 1-10 g/t y el 1.67% presenta valores superiores a 10g/t.

- **Plata:**

Como se observa en la tabla 16, de los 1148 datos el tenor máximo es de 206 g/t, la media es de 8.051g/t y la mediana es de 2.6g/t. En la figura 73 se muestra un histograma de la distribución de tenores de plata para esta veta.

Figura 73. Histograma de frecuencias tenores de plata veta 23.



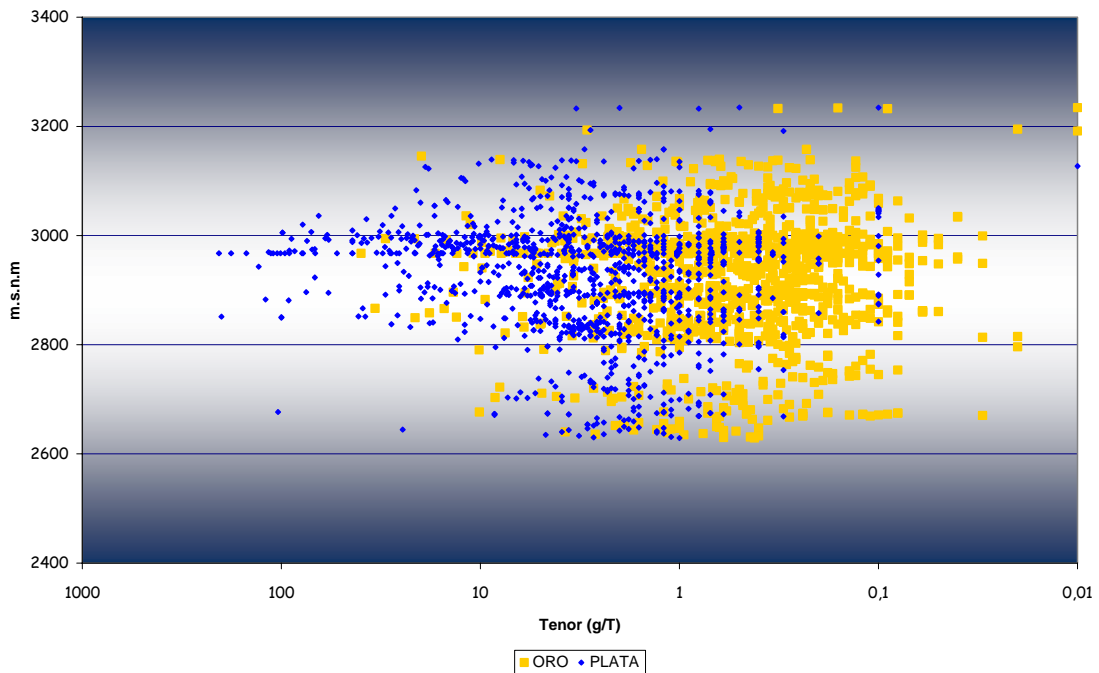
Como se puede observar el 20.43% de los datos presenta tenores de Ag entre 0-1g/t, el 67.04% presenta valores entre 1-10 g/t y el 12.52% superiores a 10g /t.

- **Cobre:**

Como se observa en la tabla 16, de los 1148 datos el tenor máximo de Cu es de 1.2%, la media es de 0.041% y la mediana es de 0.017%.

La figura 74 se muestra la distribución de tenores de oro y plata en profundidad de las muestras que hacen parte de la veta 23.

Figura 74. Distribución de tenores de oro y plata en profundidad para la veta 23.



Como se observa, la distribución de los tenores de oro y plata en profundidad es homogénea desde 2629 a 3234 m.s.n.m. presentándose visualmente en la gráfica como un conjunto de bandas paralelas con diferentes espesores organizadas a diferentes profundidades con concentraciones de tenores desde mayores a 10 g/t y hasta menores a 1 g/t, separadas entre sí por 10 a 20 metros de espesor.

Composición mineralógica

Para el estudio de la composición mineralógica se escogieron 6 muestras para elaborar sección delgada pulida, las cuales representan tenores altos de oro, plata

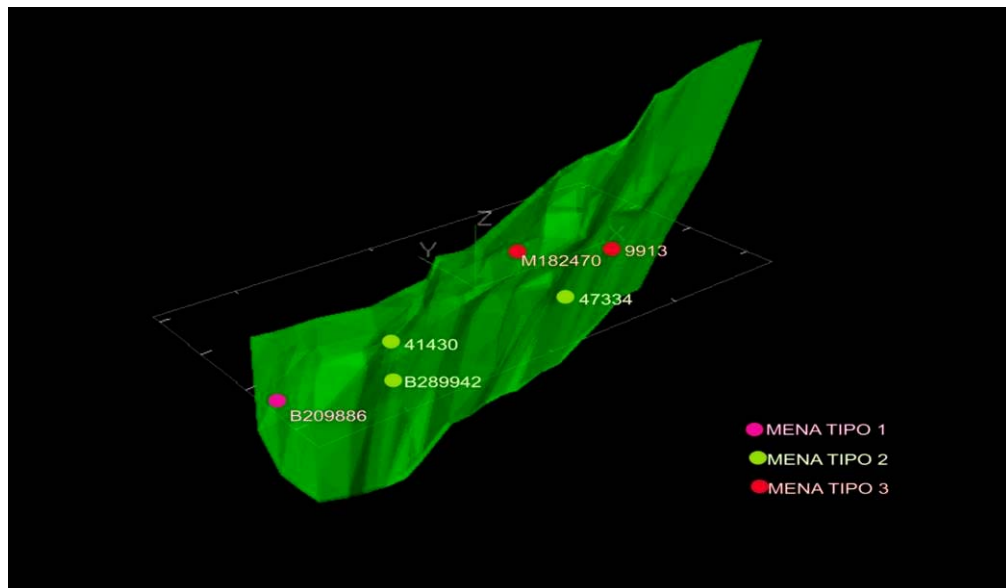
y cobre y cuya distribución espacial es representativa para la veta 15. (Ver anexo 4, tabla 16, figura 75)

Tabla 17. Muestras con sección delgada-pulida de la veta 23.

Nº de muestra	X	Y	Z	Au g/t	Ag g/t	Cu %
B289942	1130681	1308302	2848	3.7	41	0.39
B209886*	1130548	1308350	2850	21,3	100	0,537
47334*	1130853	1308367	2852			
9913	1131122	1308383	2867	33,82	39	0,094
41430	1130695	1308332	2896	13,69	75	1
M182470	1130860	1308292	3020	11,25	78,20	0,342

(*): En estas muestras se observó oro al microscopio.

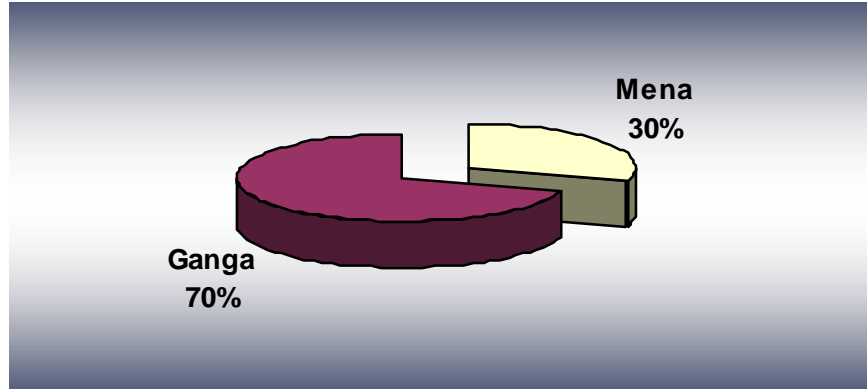
Figura 75. Imagen 3D mostrando la ubicación de las muestras con sección delgada-pulida para la veta 23.



Tomado de Greystar Resources, software Datamine.

La mineralogía establecida para estas secciones delgadas-pulidas se muestra en la tabla 17 y la relación mena ganga se puede observar en al figura 76.

Figura 76. Relación mena-ganga para la veta 23.



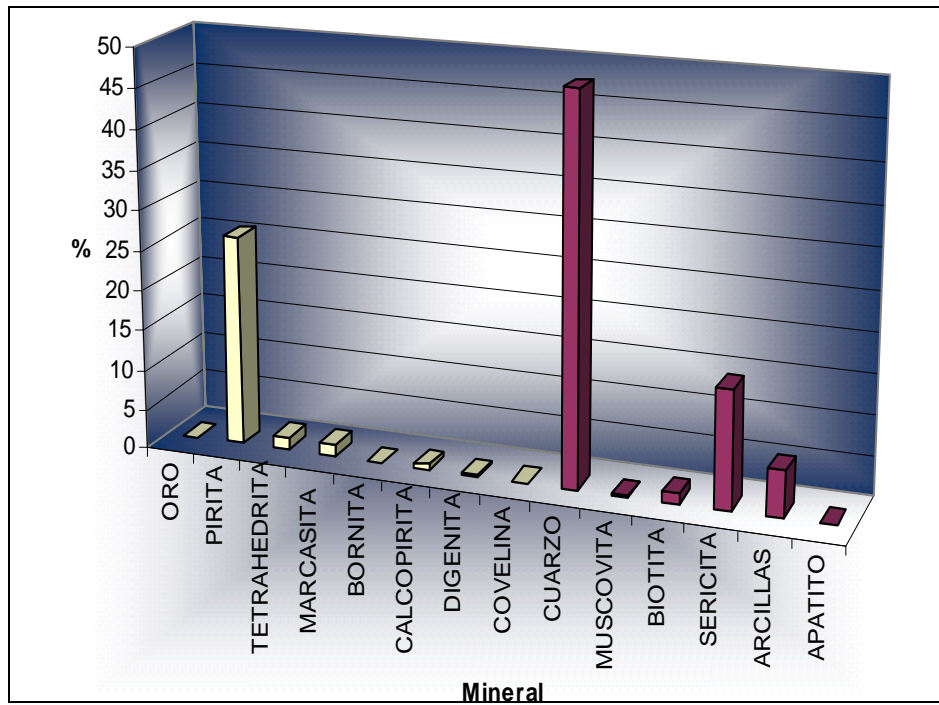
La relación mena – ganga promedio para estas secciones fue de 30%/70%.

Tabla 18. Composición mineralógica de las menas representativas de la veta 23.

Nº de muestra	47334	B289942	B289886	9913	41430	M182470	% Promedio	
MINERAL	2848	2848	2850	2867	2896	3020		
ORO	T		T				0,0002	MENA:30%
PIRITA	51,75	14,25	44	14	18	16	26,33	
TETRAHEDRITA	8,25	T	0,75		0,25	0,001	1,54	
MARCASITA	8,5						1,42	
BORNITA	T						0,00	
CALCOPIRITA	0,75			2,5	0,5		0,63	
DIGENITA			0,25		T		0,04	
COVELINA	T	T			T	T	0,002	
CUARZO		60,25	39,75	67,25	70	51	48,04	GANGA:70%
MUSCOVITA					1		0,17	
BIOTITA						7,75	1,29	
SERICITA	12	25,5	8	16,25	10	16	14,63	
ARCILLAS	18,75		7			9,25	5,83	
APATITO		T			0,25		0,042	
TIPO DE MENA	2	3	1	2	2	3	=100%	

La composición mineralógica promedio establecida para estas muestras se observa en la figura 77.

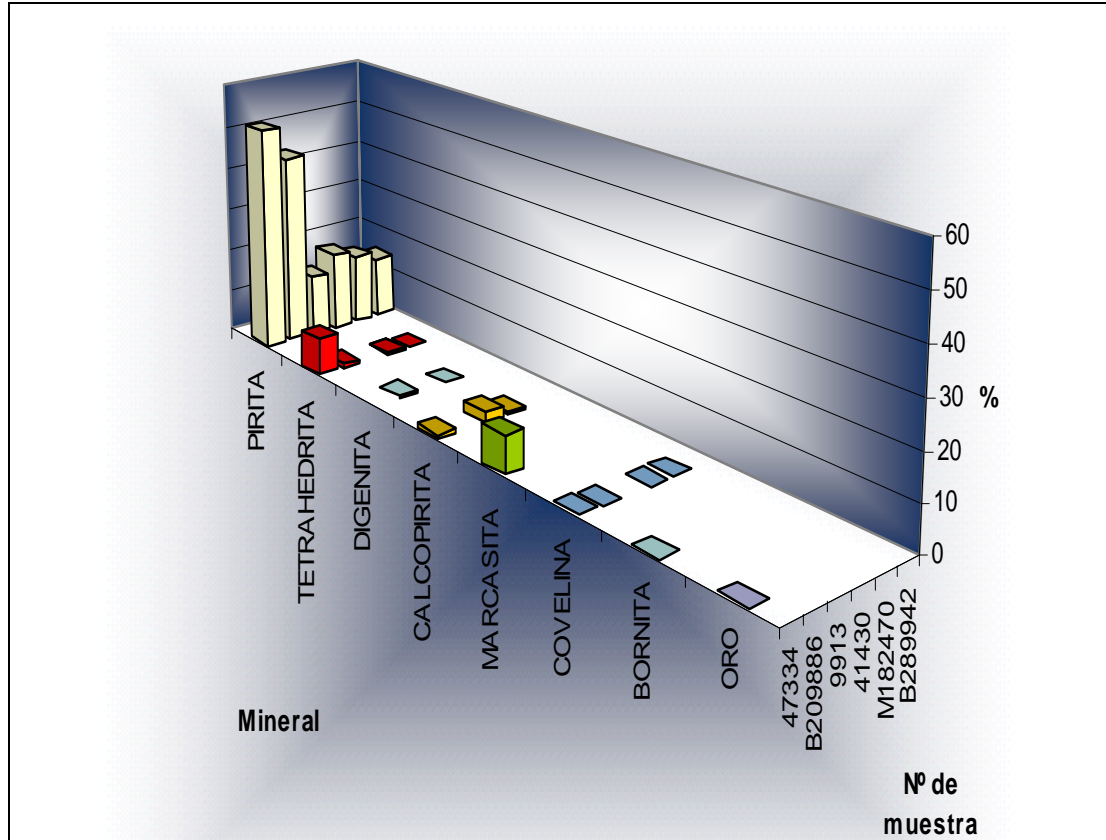
Figura 77. Composición mineralógica promedio de las menas de la veta 23.



7.5.2.1 Mineralogía de la mena

La mineralogía de la mena de la veta 23 consiste en oro, pirita, digenita, bornita, covelina, calcopirita, bismutinita y tetrahedrita. (Tabla 17, Figura 78)

Figura 78. Composición mineralógica de las menas de la veta 23.



Oro (T): Ocurren en las secciones de las muestras que están a una profundidad entre 2850-2851 m.s.n.m. Se observó un cristal subhedral de tamaño de grano de 1 micra asociado a la matriz (muestra B209886 que espacialmente se encuentra en el extremo oeste en lo profundo de la veta) y se observó un cristal subhedral de tamaño de grano de 1.5 micras incluido en un cristal de pirita (muestra 47334 que se encuentra espacialmente en la parte media).

Pirita (14-51.75%): Es el sulfuro predominante que ocurre en todas las menas de las siguientes maneras: Como cristales euhedrales a subhedrales con bordes redondeados de tamaño de grano desde 4 a mayores de 200 micras formando también agregados granulares y formas alargadas asociados a calcopirita, tetrahedrita y digenita intersticial, en contacto con cristales de calcopirita.

Calcopirita (0.5-2.5%): Esta presente de las siguientes maneras: Calcopirita 1 en la sección de la muestra 9913 que espacialmente se encuentra en el extremo este de esta veta ocurre como cristales subhedrales de tamaño de grano entre 20 a

400 micras asociadas a la matriz o en contacto neto con pirita. Calcopirita 2: Ocurre en un rango de profundidad entre 2851 y 2896 m.s.n.m. como masas intersticiales o cintas bordeando periféricamente los cristales y agregados de pirita ocasionalmente intercrecida con digenita y alterándose a covelina del centro hacia los bordes.

Tetrahedrita (T-8.25%): Esta presente de las siguientes maneras: Tetrahedrita 1: Ocurre en las menas de esta veta excepto en la sección de la muestra 9913 como cristales euhedrales a anhedrales de tamaño de grano de 1.5 a 50 micras diseminados asociados a la matriz. Tetrahedrita 2: ocurre ocasionalmente como masas intersticiales asociadas ocasionalmente a marcasita entre cristales y agregados granulares de pirita.

Digenita (T): Ocurre como masas intersticiales o cintas bordeando periféricamente a la pirita, asociadas a calcopirita o tetrahedrita.

Covelina (T): Ocurre como manchas reemplazando la calcopirita y la digenita del centro hacia los bordes.

Marcasita (8.5%): Ocurre como masas anhedrales bordeando periféricamente a la pirita o rellenando fracturas asociada con tetrahedrita (muestra 47334 ubicada espacialmente en la parte media).

Bornita (T): Ocurre como masas reemplazando la calcopirita y tetrahedrita de los bordes hacia el centro asociada a covelina (muestra 47334).

Las menas correspondientes a esta veta corresponden a los **tipos de mena uno (1), dos (2) y tres (3).**

El análisis paragenético permitió determinar las siguientes asociaciones:

✓ **Menas tipo 1:**

Paragénesis 1: Pirita + Oro

Paragénesis 2: Digenita + Tetrahedrita 2

✓ **Menas tipo 2:**

Paragénesis 1: Pirita ± Oro ± Tetrahedrita 1 ± Calcopirita 1

Paragénesis 2: Calcopirita 2 ± Digenita ± Tetrahedrita 2 ± Marcasita

✓ **Menas tipo 3:**

Paragénesis 1: Pirita

Paragénesis 2: Tetrahedrita 2

Figura 79. Características de la mena tipo uno (1) de la veta 23. **A.** Agregado granular de pirita (Py). **B.** Agregado granular de pirita (Py) asociado con tetrahedrita (Td) y digenita (Dy) intersticial y rellenando fracturas. (Muestra B209886, nicoles paralelos).

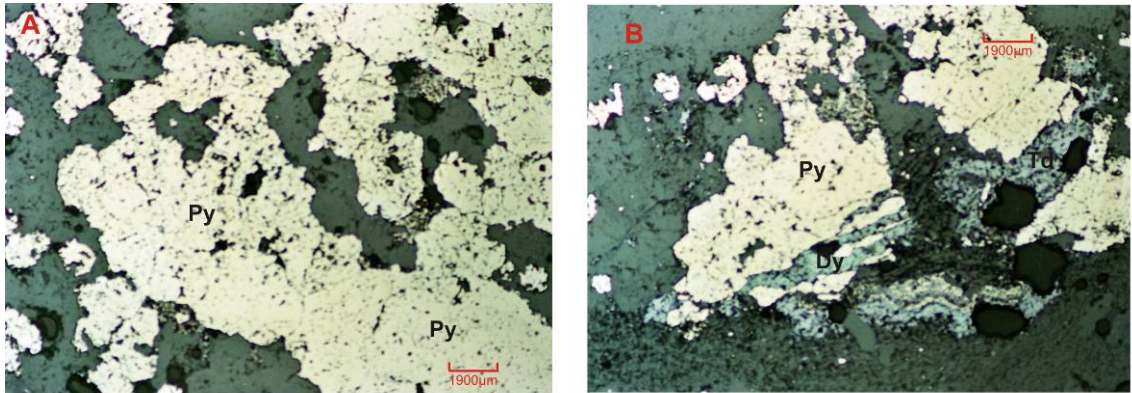
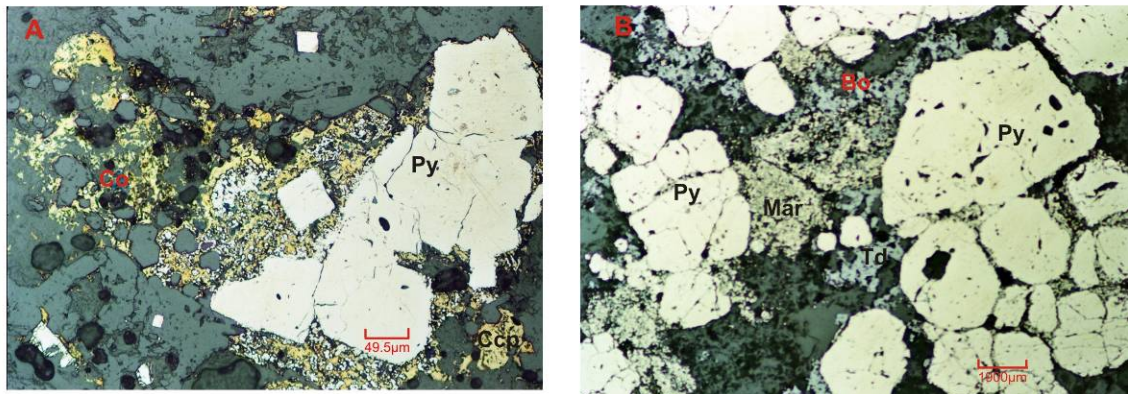


Figura 80. Características de la mena tipo dos (2) de la veta 23. **A.** Agregados granulares y cristales euhedrales de pirita (Py) asociados intersticialmente con calcopirita (Ccp) la cual esta siendo remplazada del centro hacia los bordes por covelina (Co). (Muestra 41430, nicoles paralelos). **B.** Agregados granulares y cristales euhedrales de pirita (Py) asociados con marcasita (Mar) tetrahedrita (Td) y digenita (Dy) intersticiales, la digenita presenta alteración del centro hacia los bordes por bornita (Bo). (Muestra 47334, nicoles paralelos).



A nivel general la composición mineralógica de las menas de la veta 23 presenta las siguientes características:

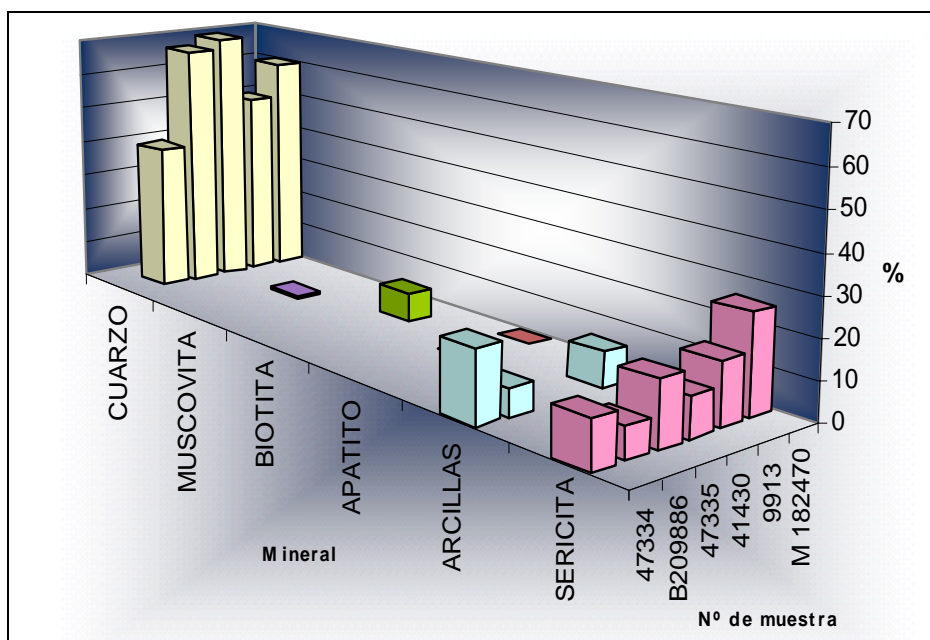
- ✓ El oro ocurre como oro libre en los depósitos de **mena tipo uno (1)**. Su distribución en la veta no es homogénea.
- ✓ En oro ocurre incluido en pirita en los depósitos de **mena tipo dos (2)**. Su distribución en la veta no es homogénea. Los cristales de oro observado en los diferentes tipos de menas, están en un rango de profundidad muy similar entre 2850 y 2851 m.s.n.m.

- ✓ La distribución de la **mena tipo tres (3)** no es homogénea en cuanto a su **distribución en la veta.**
- ✓ En todas las menas esta presente la pirita como sulfuro dominante, adicionalmente en la mena tipo 2 la sección de la muestra 47334 ubicada espacialmente en la parte media de la sección presenta una heterogeneidad mineralógica mayor a las demás menas ocurriendo en esta marcasita y bornita.

7.5.2.2 Mineralogía de la ganga

La mineralogía de la ganga de la veta 23 como se observa en la figura 81 esta formada por cuarzo, sericita, biotita y arcillas, con muscovita y apatitos como minerales accesorios, y no presenta diferencia entre los diferentes tipos de mena.

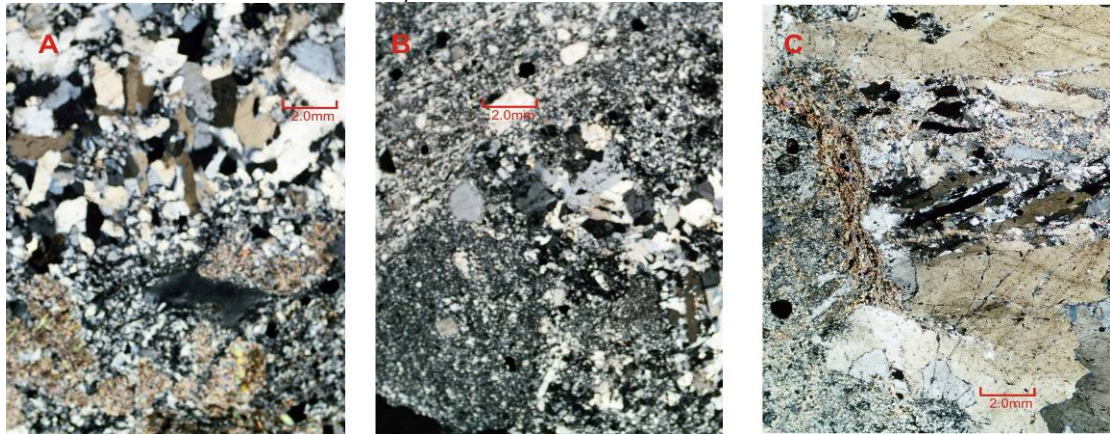
Figura 81. Mineralogía de la ganga veta 23.



La textura de los minerales de la ganga para esta veta es:

- Textura porfiritica-brechoide con cristales de cuarzo relictico (6.5-35.5%) y biotita (7.75%) dentro de una matriz formada por agregados de diminutos cristales de habito escamoso de sericita (8-16.25%) asociado con agregados granulares de cuarzo microcristalino (15.5-50%) y arcillas (0.5-18%). (ver figura 82.)

Figura 82. Textura de la ganga veta 23. **A.** Textura porfiritica-brechoide con cristales de cuarzo relictico y recristalizado en una matriz formada por agregados granulares de cuarzo microcristalino asociado a agregados granulares de sericita. (Muestra 09913, nicoles cruzados). **B.** Textura porfiritica-brechoide con cristales de cuarzo relictico en una matriz formada en su mayoría por agregados granulares de cuarzo microcristalino (Muestra 41430, nicoles cruzados). **C.** Textura porfiritica-brechoide con cristales de cuarzo relictico de tamaño de grano grueso y biotita en una matriz formada en su mayoría por agregados granulares de sericita y cuarzo microcristalino. (Muestra B289942, nicoles cruzados).



7.5.3 Alteraciones

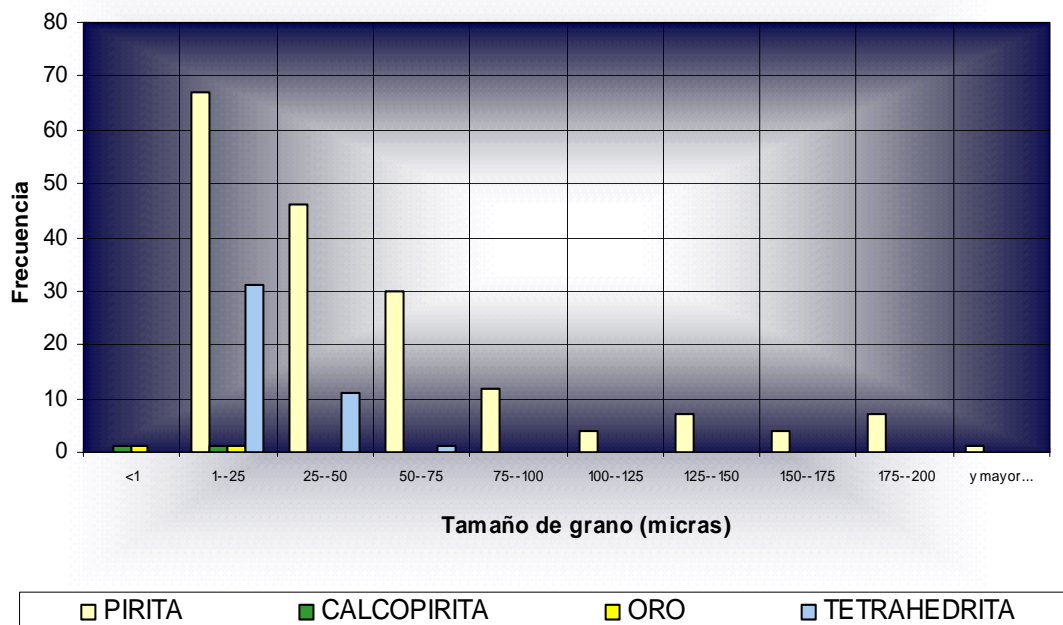
De acuerdo a las observaciones microscópicas de las secciones delgadas-pulidas para esta veta se describen las siguientes alteraciones:

- **Silicificación fuerte:** Formada por cuarzo recristalizado de las siguientes maneras: formando la matriz de las secciones como agregados de cuarzo microcristalino asociado a agregados granulares de sericita, y como agregados granulares de cristales de hábito hexagonal con sulfuros disseminados e intercrecidos.
- **Seritización moderada:** Formada por agregados granulares de diminutos cristales de sericita de hábito escamoso producto de la mineralización asociada a cuarzo microcristalino constituyendo la matriz de las secciones.
- **Argilización baja:** Formada por escasas arcillas que ocurren como manchones de apariencia moteada asociada con la sericita y el cuarzo microcristalino formando la matriz de las secciones.

7.5.4 Análisis textural (tamaño de grano) de los minerales de la mena.

En la figura 83 se muestra la representación gráfica de la variabilidad de tamaños de grano de los diferentes minerales de la mena en lo posible (dependiendo de la abundancia del mineral) se realizaron 30 mediciones del tamaño de grano para cada mineral.

Figura 83. Análisis granulométrico de los minerales de la mena veta 23.



El tamaño de grano de la pirita se distribuye entre 1 micra hasta mayores de 200 micras, el rango predominante está entre 1 a 50 micras, seguido del rango entre 50 a 75 micras; el mismo comportamiento lo presenta la tetrahedrita la cual se distribuye entre 1 a 75 micras mostrando predominancia entre 1 a 50 micras y en menor ocurrencia el rango entre 50 a 75 micras; la calcopirita y el oro se distribuyen en un rango de tamaño de grano muy pequeño desde menores a 1 micra hasta 25 micras.

7.6 VETA 29

La veta 29 se encuentra comprendida dentro de los valores X, Y, Z máximos y mínimos como se describen:

X: 1130839 - 1131148

Y: 1308157 - 1308306

Z: 2654 - 3109

En la coordenada X esto representa una extensión de aproximadamente 309m, en la coordenada Y de 149m y en la coordenada z de 455m. Se encuentra ubicada en la parte central del área del proyecto Angostura, tiene una dirección E-W y se encuentra encajada en la unidad de rocas metamórficas neis biotítico hornblendítico aflorantes en el área. Se han tomado 1221 muestras (A julio de 2005).

A continuación se presentan las características composicionales de la veta

7.6.1 Contenido de oro, plata y cobre

Un análisis estadístico de frecuencias para los tenores de oro, plata y cobre se muestra a continuación:

Tabla 19. Resultados del tratamiento estadístico a los contenidos de oro, plata y cobre para la veta 29.

PARAMETRO	Au (g/t)	Ag (g/t)	Cu (%)
# de datos	1221	1221	1221
Media	2,03	3,27	0,035
Mediana	0,55	1	0,01
Valor mínimo	0	0	0
Valor máximo	77,9	172	3,02

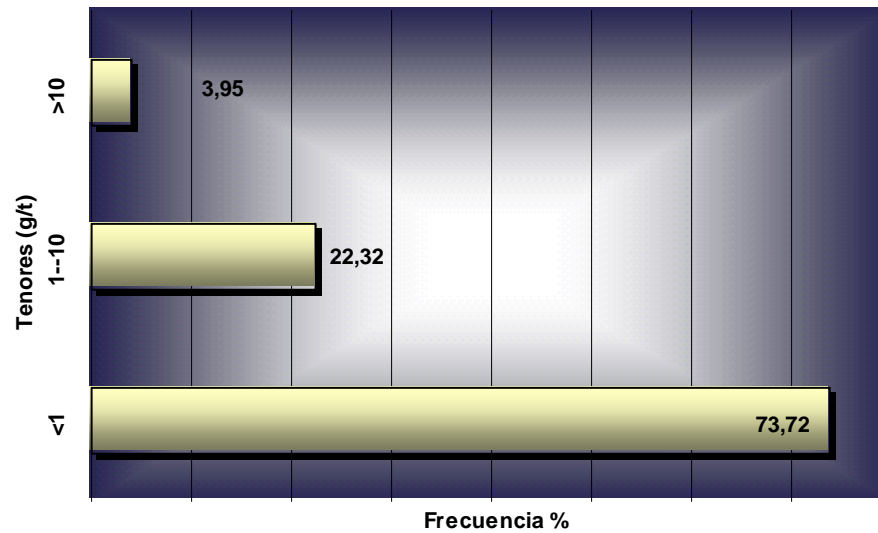
- **Oro:**

Como se observa en la tabla 19, de los 1221 datos el tenor máximo de Au es de 77.9 g/t, la media es de 2.03 g/t y la mediana 0.55 g/t.

En la figura 84 se muestra un histograma de la distribución de tenores de oro para la veta.

Como se puede observar el 73.72% de los datos presenta tenores de Au entre 0-1g/t, el 22.32% entre 1-10 g/t y el 3.95% valores superiores a 10g /t.

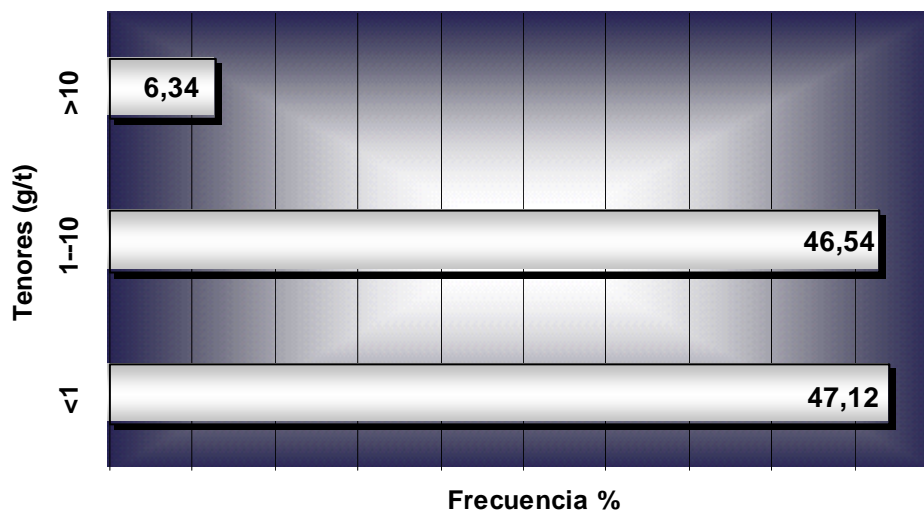
Figura 84. Histograma de frecuencias tenores de oro veta 29.



- **Plata:**

Como se observa en la tabla 19, de los 1221 datos el tenor de Ag máximo es de 172 g/t, la media es de 3.27 g/t y la mediana es de 1g /t. En la figura 85 se muestra un histograma de la distribución de tenores de plata para esta veta.

Figura 85. Histograma de frecuencias tenores de plata veta 29.



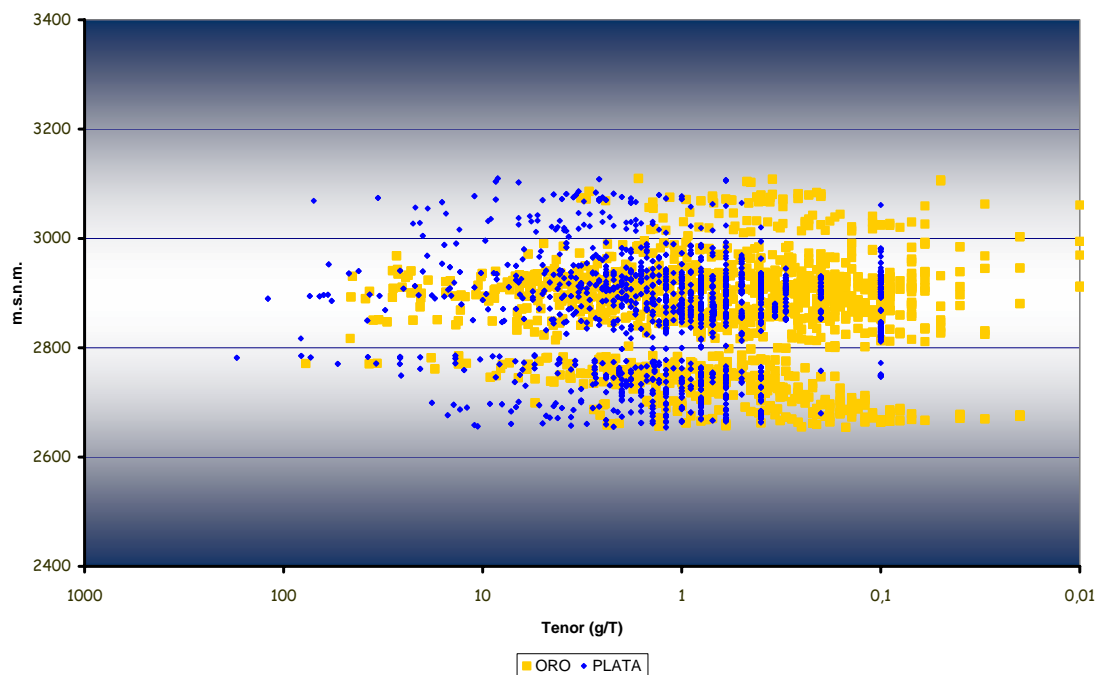
Como se puede observar el 47.12% de los datos presenta tenores de Ag entre 0-1g/t, el 46.54% presenta valores entre 1-10 g/t y el 6.34% presenta valores superiores a 10g /t.

- **Cobre:**

Como se observa en la tabla 19, de los 1221 datos el tenor máximo de Cu es de 3.02 %, la media es de 0.035% y la mediana es de 0.01%.

La figura 86 se muestra la distribución de tenores de oro y plata en profundidad de las muestras que hacen parte de la veta 23.

Figura 86. Distribución de tenores de oro y plata en profundidad para la veta 29.



Como se observa, la distribución de los tenores de oro y plata en profundidad es homogénea desde 2654 a 3109 m.s.n.m. presentándose visualmente en la gráfica como un conjunto de bandas paralelas con diferentes espesores organizadas a diferentes profundidades con concentraciones de tenores desde mayores a 10 g/t y hasta menores a 1 g/t, separadas entre sí por 5 a 10 metros de espesor.

Composición mineralógica

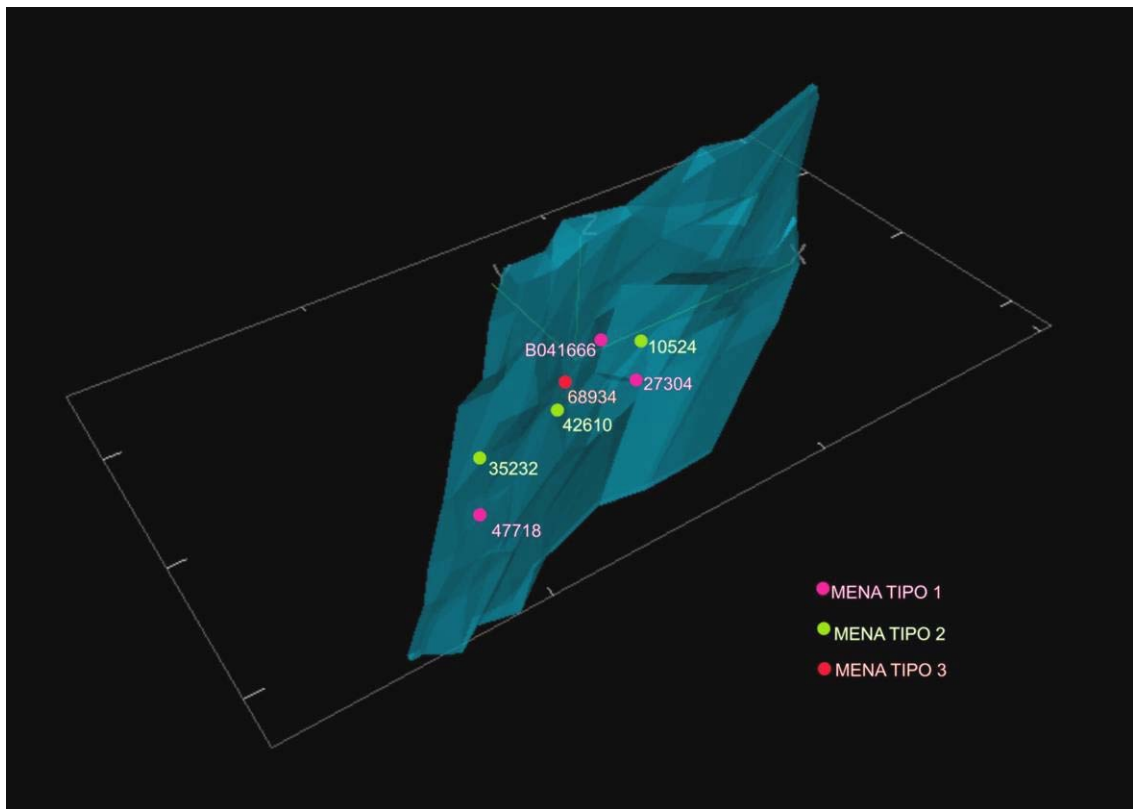
Para el estudio de la composición mineralógica se escogieron 7 muestras para elaborar sección delgada pulida, las cuales representan tenores altos de oro, plata y cobre y cuya distribución espacial es representativa para la veta 29. (Ver anexo 4, tabla 20, figura 87)

Tabla 20. Muestras con sección delgada-pulida de la veta 29.

Nº de Muestra	X	Y	Z	Au (g/t)	Ag (g/t)	Cu (%)
47718*	130879	308271	2782	18,1	172,0	1
35232*	130852	308224	2890	38,8	120,0	1
27304	130983	308224	2891	20,48	0,9	0,008
68934	130936	308244	2900	22,91	3	0,029
42610	130912	308221	2902	15,33	0,6	0,005
10524	130981	308220	2931	45,14	2	0,004
B041666	130951	308226	2943	26,8	2,4	0,0164

(*): En estas muestras se observó oro al microscopio.

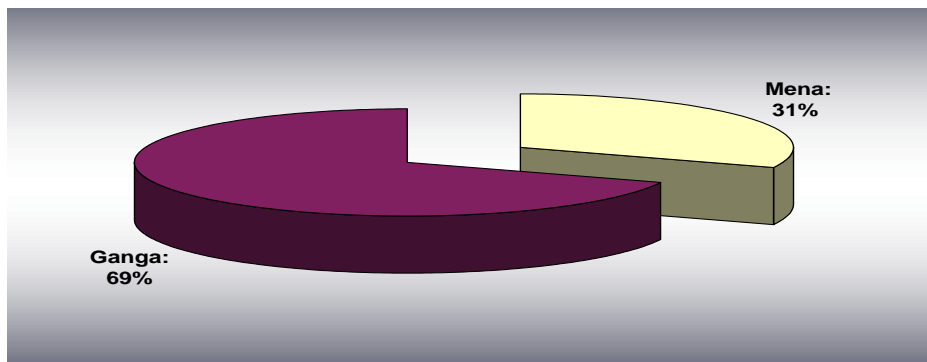
Figura 87. Imagen 3D mostrando la ubicación de las muestras con sección delgada-pulida para la veta 29.



Tomado de Greystar Resources, software Datamine.

La mineralogía establecida para estas secciones delgadas-pulidas se muestra en la tabla 21 y la relación mena ganga se puede observar en al figura 88.

Figura 88. Relación mena-ganga para la veta 29.



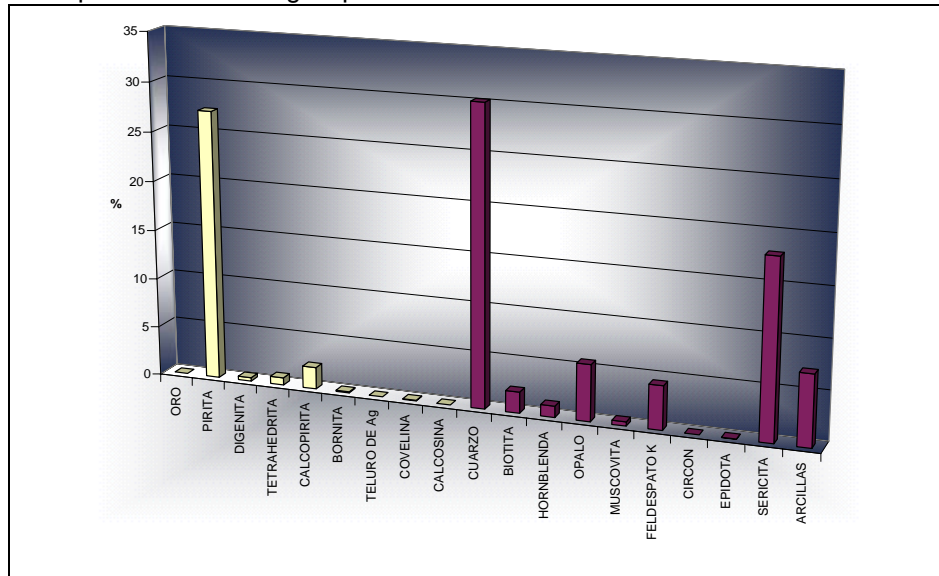
La relación mena – ganga promedio para estas secciones fue de 31%/69% aproximadamente 1/7.

Tabla 21. Composición mineralógica de las menas representativas de la veta 29.

Nº de muestra	47718	35232	27304	68934	42610	10524	B041666	% Promedio	
	M.S.N.M								
MINERAL	2782	2890	2891	2900	2902	2931	2943		
ORO	T	T						0,0003	MENA : 31 %
PIRITA	42,5	80,5	6,2	12,33	16	15	18,5	27,2900	
DIGENITA			0,4				0,6	0,1	
TETRAHEDRITA	T	2,5	0,2	T	3	1		1,0	
CALCOPIRITA	T	1			8,5	6		2,2	
BORNITA	T	0,5	0,2					0,1	
TELURO DE Ag		T						0,0001	
COVELINA	T		0,2		T		0,2	0,1	
CALCOSINA		T						0,0	
CUARZO	49,5	7	21,3	35,66	12,5	26,5	58,89	30,2	GANGA: 69%
BIOTITA				15				2,1	
HORNBLENDA				8				1,1	
OPALO					10	30		5,7	
MUSCOVITA			0,5				2,5	0,4	
FELDESPATO K			30,25				0,72	4,4	
CIRCON			T					0,0001	
EPIDOTA			0,25					0,04	
SERICITA	8	7	0,5	20,33	50	21,5	18,69	18,0	
ARCILLAS		1,5	40,25	8,66				7,2	
Tipo de Mena	2	2	1	3	2	2	1	=100%	

La mineralogía promedio establecida para estas muestras se observa en la figura 89.

Figura 89. Composición mineralógica promedio de las menas de la veta 29.

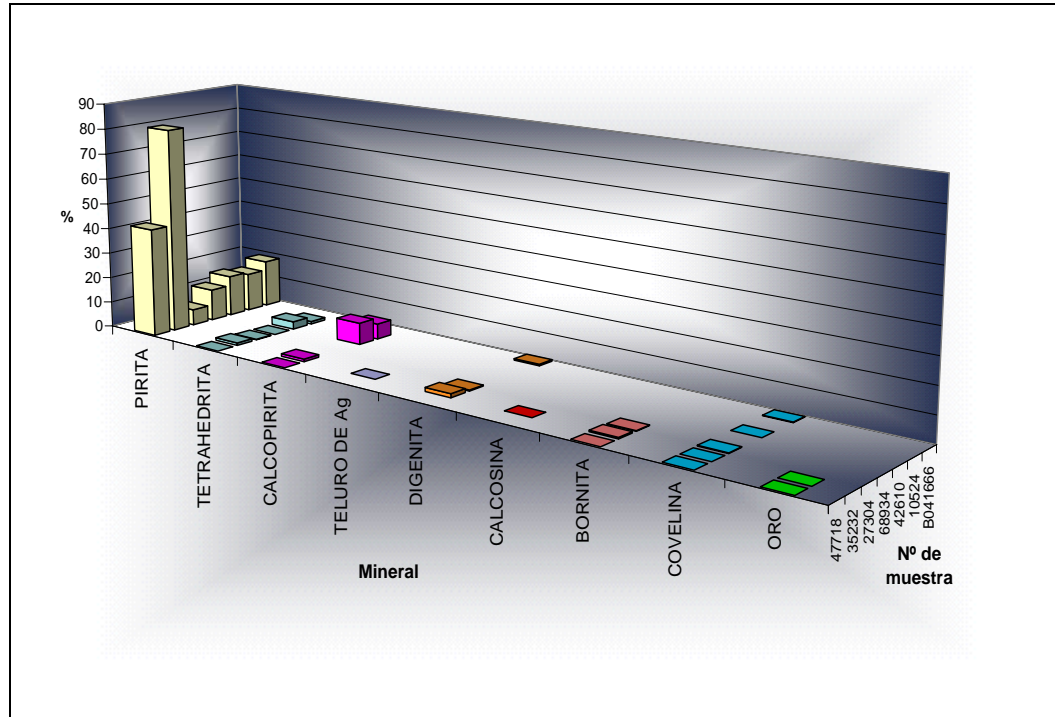


7.5.2.1 Mineralogía de la mena

La mineralogía de la mena de la veta 7 consiste en oro, pirita, digenita, bornita, covelina, calcopirita, bismutinita y tetrahedrita, eventualmente, enargita, pirrotina y calcosina. (Tabla 20, figura 90).

A continuación se presentan las características principales en las muestras y su modo de ocurrencia en toda la veta.

Figura 90. Composición mineralógica de las menas de la veta 29.



Oro (T): Esta presente en las secciones de las muestras que se encuentran a mayor profundidad en esta veta y espacialmente se encuentran en el extremo suroeste de las siguientes maneras: ocurre como un cristal subhedral con bordes redondeados de tamaño de grano de 14.4 micras incluido en un cristal de pirita (muestra 47718, 2782 m.s.n.m.) y ocurre como cristales subhedrales a anhedrales de tamaño de grano de 1.9 micras en contacto neto con pirita y bordeados periféricamente por digenita intersticial (muestra 35232, 2890 m.s.n.m.).

Pirita (6.2-80.5%): Es el sulfuro predominante presente en todas las menas de las siguientes maneras: Pirita 1: se encuentra como cristales individuales euhedrales a subhedrales con bordes redondeados de tamaño de grano de 1 a 150 micras, algunos cristales contienen diminutas inclusiones de cristales de calcopirita y bornita. y formando agregados granulares (muestras 47718 y 35232). Pirita 2: Se presenta como lámelas entre el clivaje de las biotitas, hornblenda y muscovita y asociados con tetrahedrita, calcopirita y digenita intersticial, también formando venillas e hilos paralelos, entrecruzados y bandeados y agregados granulares con formas alargadas concordantes con la seudofoliación de la roca original.

Calcopirita (1%): Esta presente de las siguientes formas: Calcopirita 1: Como cristales individuales subhedrales con bordes subredondeados de tamaño de

grano de 2.8 a 17.28 micras en ocasiones formando pequeños agregados asociados a la matriz también como diminutos cristales subhedrales con bordes subredondeados amarillo pálido incluidos en cristales de pirita. Calcopirita 2: Masas intersticiales entre los agregados de pirita, formando lámelas entre los cristales de biotita, hornblenda y muscovita y también formando venillas e hilos bandeados.

Digenita (T-1.5%): Esta presente como masas intersticiales dentro de la pirita, la calcopirita y el oro, ocasionalmente intercrecida con tetrahedrita y alterándose del centro hacia los bordes por covelina y/o calcosina.

Tetrahedrita (T-3%): Esta presente de las siguientes formas: como masas Intersticiales dentro de los agregados de pirita intercrecida con digenita, como hilos y venillas y formando agregados con formas esferoidales asociados a la matriz..

Covelina (T-0.2%): Manchas alterando a la digenita y/o la calcopirita del centro hacia los bordes asociada esporádicamente con calcosina.

Calcosina (T): Se presenta como manchas alterando a la digenita del centro hacia los bordes asociada comúnmente con covelina (muestra 35232).

Bornita (T-0.5%): Esta presente como diminutos cristales subhedrales a euhedrales hexagonales con bordes redondeados de tamaño de grano de 4.32 a 14.4 micras incluidos en cristales de pirita y como masas remplazando a la digenita.

Teluro de Plata (?) (T): Se presenta como un cristal blanco subhedral con bordes redondeados de tamaño de grano de 14.4 micras incluido en pirita (muestra 35232).

Las menas presentes en esta veta corresponden a los tipos **uno (1)**, **dos (2)** y **tres (3)**.

El análisis paragenético permitió determinar las siguientes asociaciones:

✓ **Mena tipo 1:**

Paragénesis 1: Pirita 2

Paragénesis 2: Digenita ± Tetrahedrita

✓ **Mena tipo 2:**

Paragénesis 1: Pirita 1 ± Oro + Calcopirita 1 ± Bornita ± Teluro de plata

Paragénesis 2: Pirita 2 + Calcopirita 2 ± Digenita ± Tetrahedrita

✓ **Mena tipo 3:**
Paragénesis 1: Pirita 2
Paragénesis 2: Tetrahedrita

Figura 91. Características de la mena tipo uno (1), veta 29. **A.** Fenocristal de pirita (Py) con inclusiones de calcopirita (Ccp) y bornita (Bo). **B.** Agregado granular de pirita (Py) asociado con calcopirita (Ccp) y digenita (Dy) intersticial alterándose a covelina (Co) y calcosina (Cal). (Muestra 35232, nicoles paralelos). **C.** Agregado granular de pirita (Py) con exsoluciones y láminas de calcopirita (Ccp) y bornita (Bo). **D.** Agregado granular de pirita (Py) con un cristal de oro incluido (Au). (Muestra 47718, nicoles paralelos)

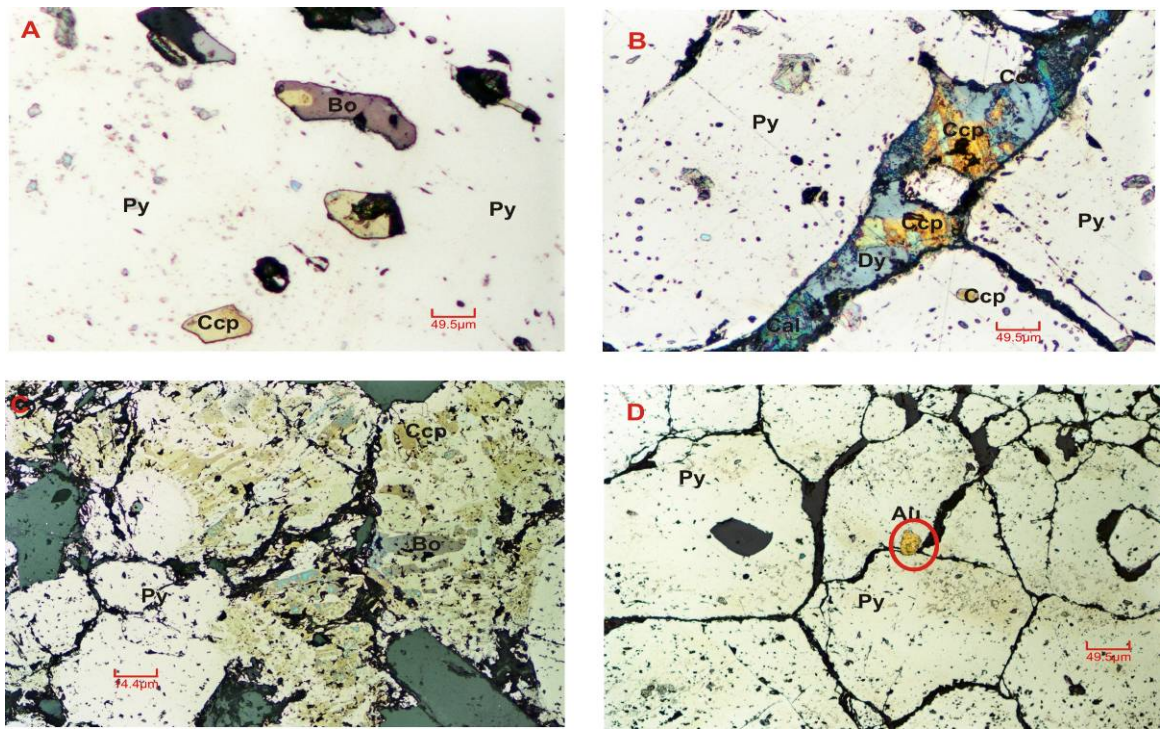
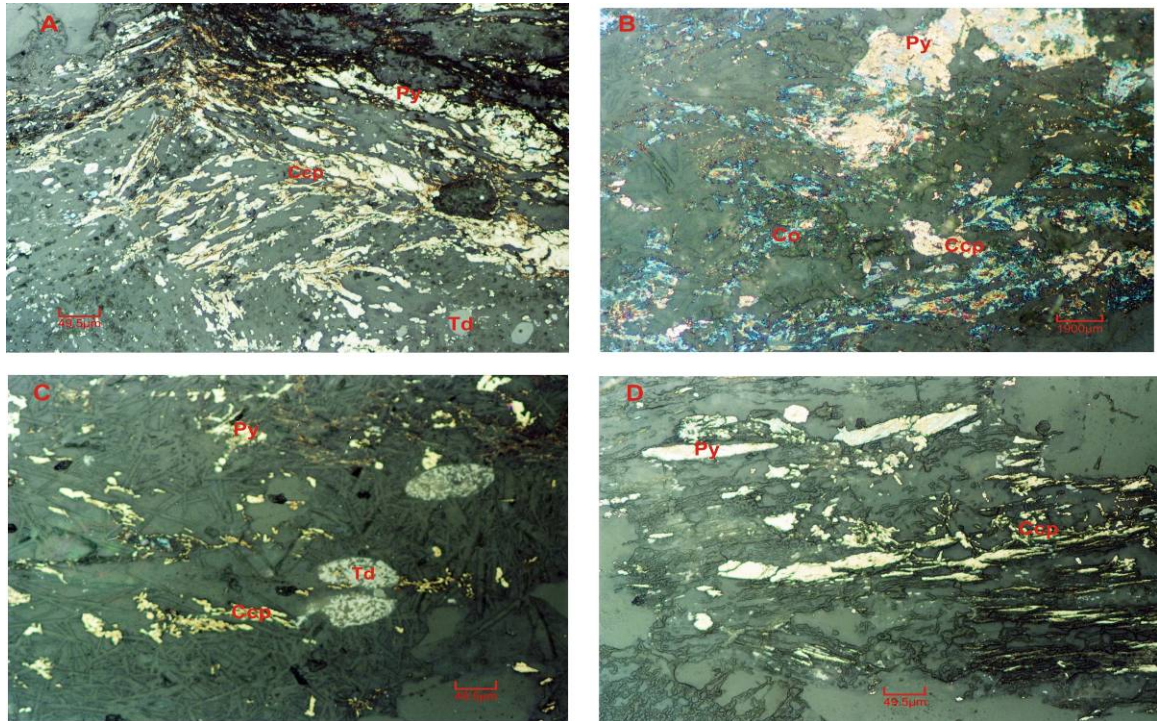


Figura 92. Características de la mena tipo dos (2), veta 29. **A.** Láminas, venillas e hilos de pirita (Py) y calcopirita (Ccp) siguiendo la pseudofoliación de la roca original y cristales de tetrahedrita (Td) asociados a la matriz. (Muestra 10524, nicoles paralelos). **B.** Agregados granulares, hilos y venillas de pirita (Py) y calcopirita (Ccp) la cual esta siendo remplazada por covelina (Co). **C.** Agregados granulares de pirita (Py) y de calcopirita (Ccp) con formas alargadas y agregados granulares de tetrahedrita (Td) con formas esferoidales (Td). **D.** Agregados granulares y láminas de pirita (Py) y calcopirita (Ccp) siguiendo la pseudofoliación de la roca original. (Muestra 42610, nicoles paralelos).



A nivel general la composición mineralógica de las menas de la veta 29 presenta las siguientes características:

- ✓ El oro ocurre en esta veta en los depósitos de **mena tipo dos (2)**. Este se presenta incluido en pirita y asociado con esta, bordeado periféricamente por digenita; Este tipo de veta se concentra en el extremo sur-oeste hacia la parte profunda de la veta, excepto una de las muestras que se encuentra más hacia el nor-este. La composición mineralógica de estas muestras es mas heterogénea ocurriendo en estas todos los sulfuros de cobre-hierro descritos anteriormente
- ✓ En las muestras de la **mena tipo uno (1) y tres (3)** si bien se reporta un tenor de oro y plata elevado (20.46-26.8 g/t de Au y 0.9-3 g/t de Ag), no se observaron estos minerales en las secciones delgadas pulidas lo cual indica su tamaño submicroscópico. Estos tipos de mena no presentan una distribución homogénea en la veta.
- ✓ Esta veta presenta como mineral común y predominante para todas las menas a la pirita y la ocurrencia de pirita y calcopirita en las secciones de las muestras 47718 y 35232 de la mena tipo dos (2) se da como cristales individuales y como agregados granulares a diferencia de las demás menas en las que la ocurrencia de pirita y calcopirita ocurre en forma de lámelas,

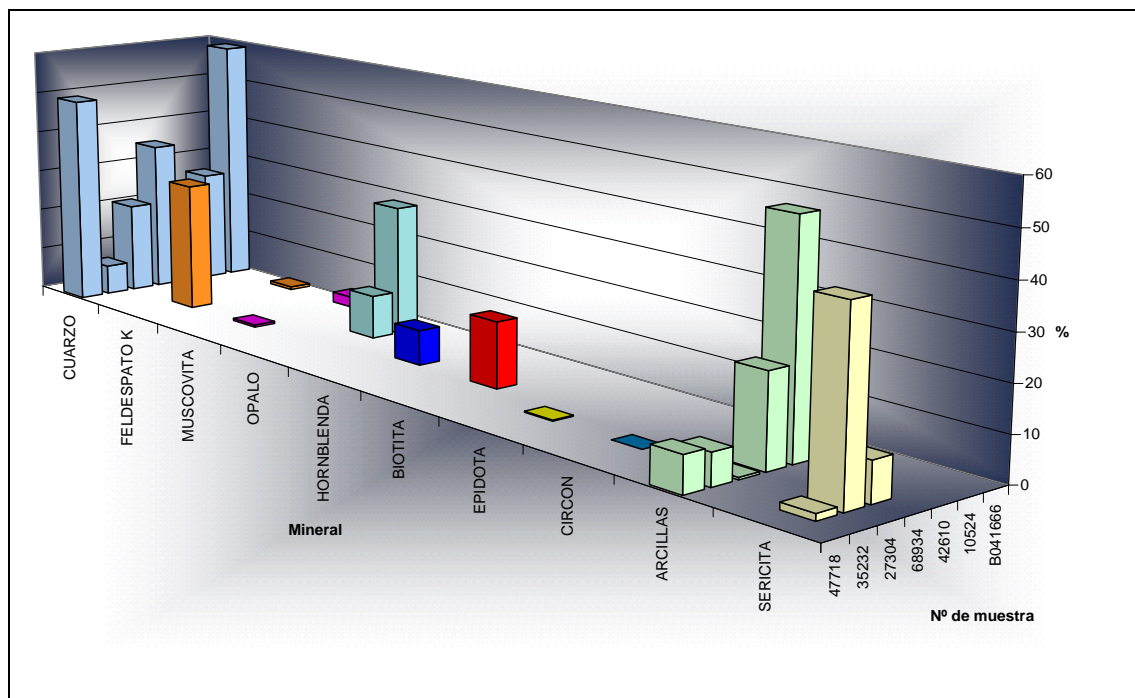
venillas , hilos y agregados con formas alargadas orientados y bandeados siguiendo la dirección de pseudobandeamiento de la roca original

- ✓ En esta veta fue en la única de este estudio donde se pudo observar características texturales de la roca original, en este caso el neis biotítico-hornblendítico y observar como los sulfuros ocurrían como lámelas dentro de los planos de exfoliación de la biotita, hornblenda y muscovita y en general se mantenía la ocurrencia de los sulfuros siguiendo una orientación del bandeamiento de la roca original.

7.6.2.2 Mineralogía de la ganga

La mineralogía de la ganga de la veta 29 esta formada por cuarzo, sericita, arcillas, biotita, hornblenda, feldespato-K muscovita y ópalo con circones y epidota como minerales accesorios. (Figura 93).

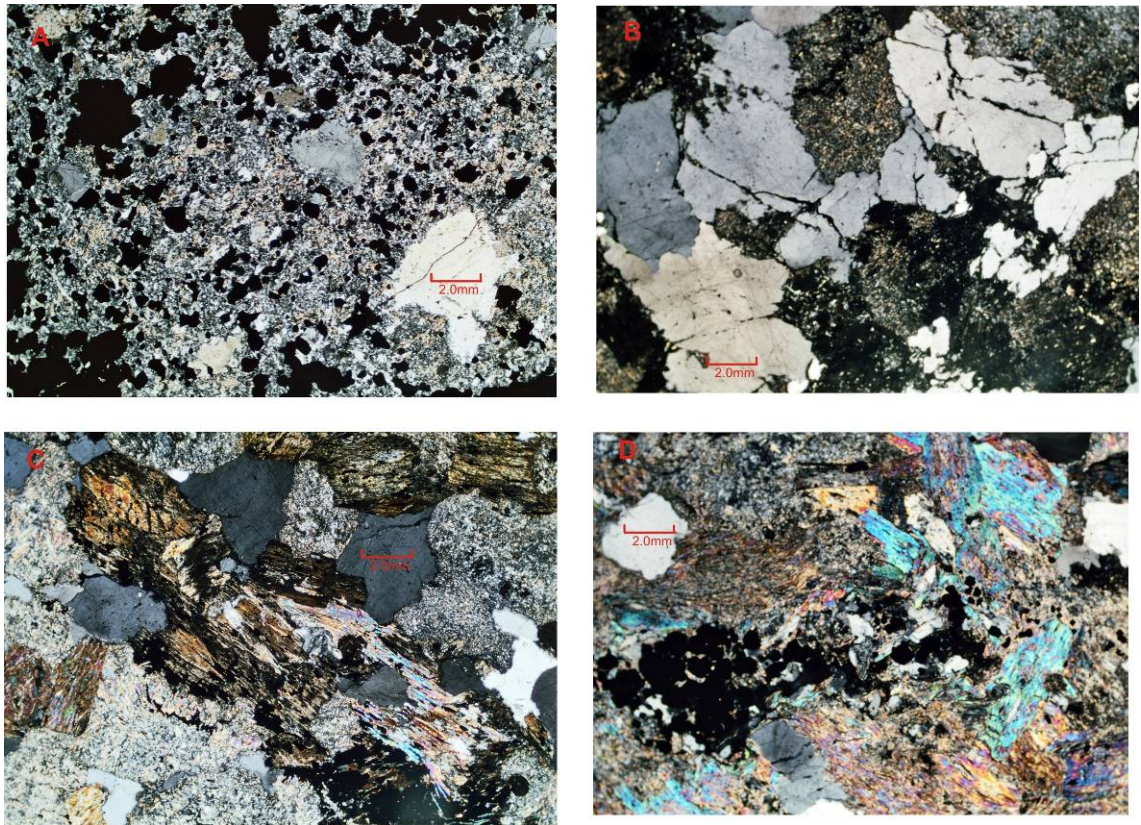
Figura 93. Mineralogía de la ganga veta 23.



La textura de los minerales de la ganga para esta veta es:

- Textura porfiritica-brechoide con cristales de cuarzo relictico (19.75-28.9%) feldespato-K y muscovita (30.25%) dentro de una matriz formada por agregados de diminutos cristales de habito escamoso de sericita (0.5-50%) asociado con agregados granulares de cuarzo microcristalino (3.6-29.7%), ópalo (10-30%) y arcillas (1.5-40.25%). (ver figura 94, A y B). Mena tipo dos (2).
- Textura lepidonematoblastica correspondiente a un neis biotitico-hornblenditico. (ver figura 94, C y D), mena tipo uno (1).

Figura 94. Textura de la ganga veta 29. **A.** Textura porfiritica-brechoide con cristales de cuarzo relictico en una matriz formada por agregados granulares de cuarzo microcristalino asociado a agregados granulares de sericita. (Muestra 47718, nicoles cruzados), Mena tipo dos (2). **B.** Textura porfiritica-brechoide con cristales de cuarzo relictico en una matriz formada en su mayoría por agregados granulares de sericita producto de la mineralización que reemplaza a los minerales máficos de la roca original (Muestra 10524, nicoles cruzados). **C y D.** Neis biotitico-hornblenditico alterado y mineralizado, Mena tipo uno (1). (Muestra 68934, nicoles cruzados).



7.6.3 Alteraciones

De acuerdo a las observaciones microscópicas de las secciones delgadas-pulidas para esta veta se describen las siguientes alteraciones:

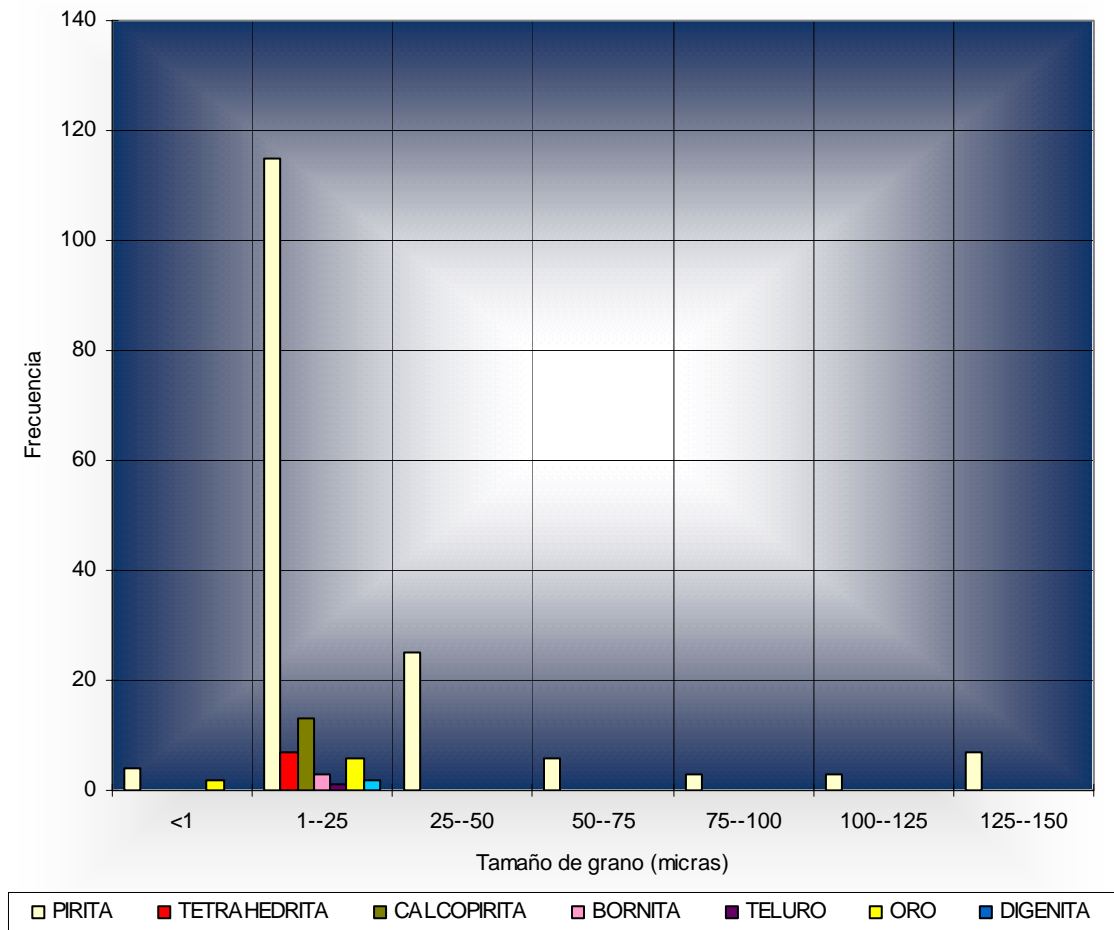
- **Silicificación moderada:** Formada por cuarzo recristalizado de las siguientes maneras: formando la matriz de las secciones como agregados de cuarzo microcristalino y ópalo asociado a agregados granulares de sericita.
- **Seritización moderada:** Formada por agregados granulares de diminutos cristales de sericita de hábito escamoso producto de la mineralización asociada a cuarzo microcristalino constituyendo la matriz de las secciones.
- **Argilización moderada:** Formada por arcillas que ocurren como manchones de apariencia moteada asociada con la sericita y el cuarzo microcristalino formando la matriz de las secciones.

7.6.4 Análisis textural (tamaño de grano) de los minerales de la mena.

En la figura 95 se muestra la representación gráfica de la variabilidad de tamaños de grano de los diferentes minerales de la mena en lo posible (dependiendo de la abundancia del mineral) se realizaron 30 mediciones del tamaño de grano para cada mineral.

En esta veta tenemos que el tamaño de grano para la pirita varía en un rango desde menores a 1 micra hasta 150 micras, con predominancia en el rango entre 1 a 25 micras, seguido del rango entre 25 a 50 micras; para esta veta tenemos que la calcopirita, tetrahedrita, bornita, telurio de plata, oro y digenita se encuentran en un mismo rango que va desde 1 micra hasta 25 micras coincidiendo con el rango de mayor frecuencia para la pirita, lo que significa que en esta veta el tamaño de grano es bastante homogéneo para los minerales de la mena.

Figura 95. Análisis granulométrico de los minerales de la mena veta 29.



7.7 VETA 52

La veta 52 se encuentra comprendida dentro de los valores X, Y, Z máximos y mínimos como se describen:

X: 1130448 - 1131019

Y: 1308106 - 1308300

Z: 2616 - 3055

En la coordenada X esto representa una extensión de aproximadamente 571m, en la coordenada Y de 194m y en la coordenada z de 436m. Se encuentra ubicada en la parte SW del área del proyecto Angostura, tiene una dirección NW-SE y se encuentra encajada en la unidad de rocas metamórficas neis cuarzo feldespático y biotítico hornblendítico aflorantes en el área. Se han tomado 689 muestras de las cuales 7 son de superficie, 8 de túnel y 674 de núcleo de perforación (A julio de 2005).

A continuación se presentan las características composicionales de la veta

7.7.1 Contenido de oro, plata y cobre

Un análisis estadístico de frecuencias para los tenores de oro, plata y cobre se muestra a continuación:

Tabla 22. Resultados del tratamiento estadístico a los contenidos de oro, plata y cobre para la veta 52.

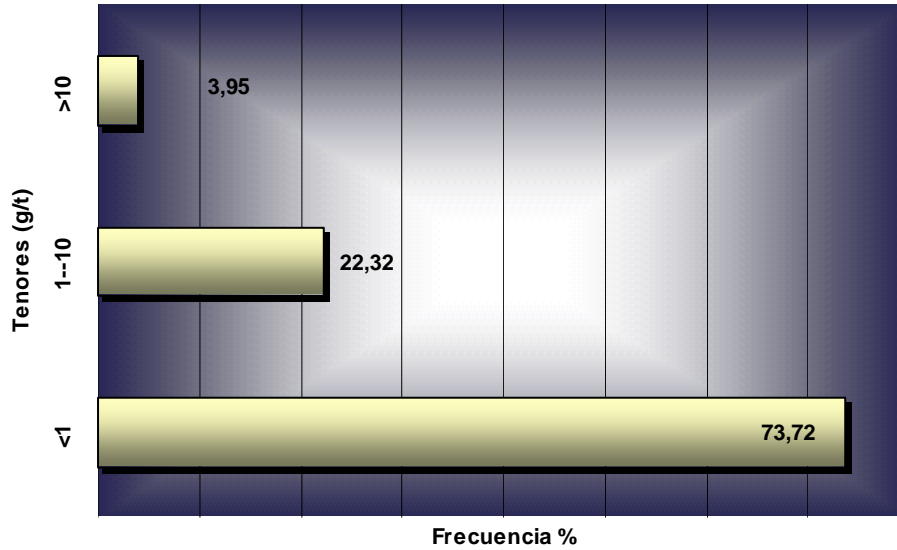
PARAMETRO	Au (g/t)	Ag (g/t)	Cu (%)
# de datos	689	689	689
Media	2,42	3,12	0,003
Mediana	0,46	1,1	0,012
Valor mínimo	0	0	0
Valor máximo	398,9	82,4	2,17

- **Oro:**

Como se observa en la tabla 21, de los 689 datos el tenor máximo de Au es de 398.9 g/t, la media es de 2.42 g/t y la mediana de 0.46 g/t.

En la figura 96 se muestra un histograma de la distribución de tenores de oro para la veta

Figura 96. Histograma de frecuencias tenores de oro veta 52

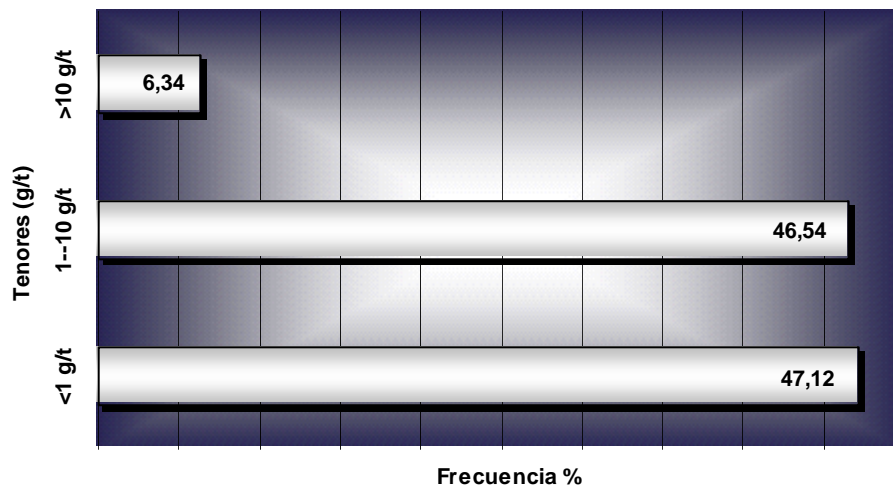


Como se puede observar el 73,72% de los datos presenta tenores de Au entre 0-1g/t, el 22,32% entre 1-10 g/t , y 3,95% valores superiores a 10g /t.

- **Plata:**

Como se observa en la tabla 21, de los 689 datos el tenor de Ag máximo es de 82.40 g/t, la media es de 3.12 g/t y la mediana es de 1.1g /t. A continuación en la figura 97 se muestra el histograma para tenores de plata de la veta 52.

Figura 97. Histograma de frecuencias tenores de plata veta 52.



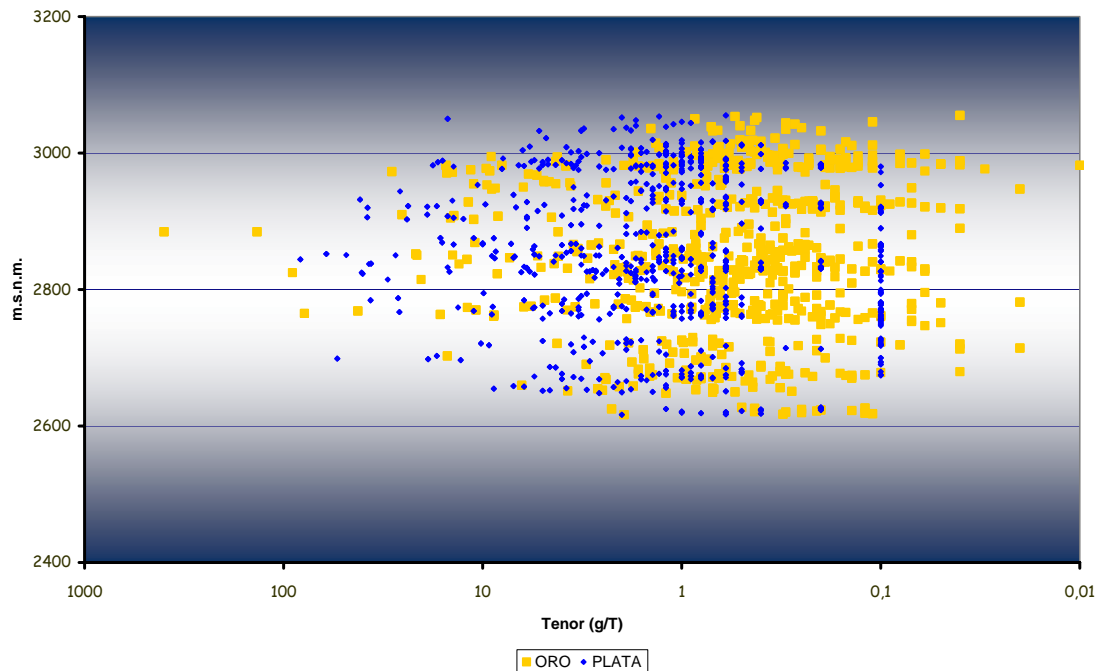
Como se puede observar el 42.12% de los datos presenta tenores de Ag entre 0-1g/t, el 46.54% presenta valores entre 1-10 g /t y el 6.34% presenta valores superiores a 10 g /t .

- **Cobre:**

Como se observa en la tabla 21 de los 689 datos el tenor máximo de Cu es de 2.17%, la media es de 0.003% y la mediana es de 0.012%.

La figura 98 se muestra la distribución de tenores de oro y plata en profundidad de las muestras que hacen parte de la veta 23.

Figura 98. Distribución de tenores de oro y plata en profundidad para la veta 52.



Para el estudio de la composición mineralógica se escogieron 6 muestras para elaborar sección delgada pulida, las cuales representan tenores altos de oro, plata y cobre y cuya distribución espacial es representativa para la veta 15. (Ver anexo 4, tabla 23, figura 99)

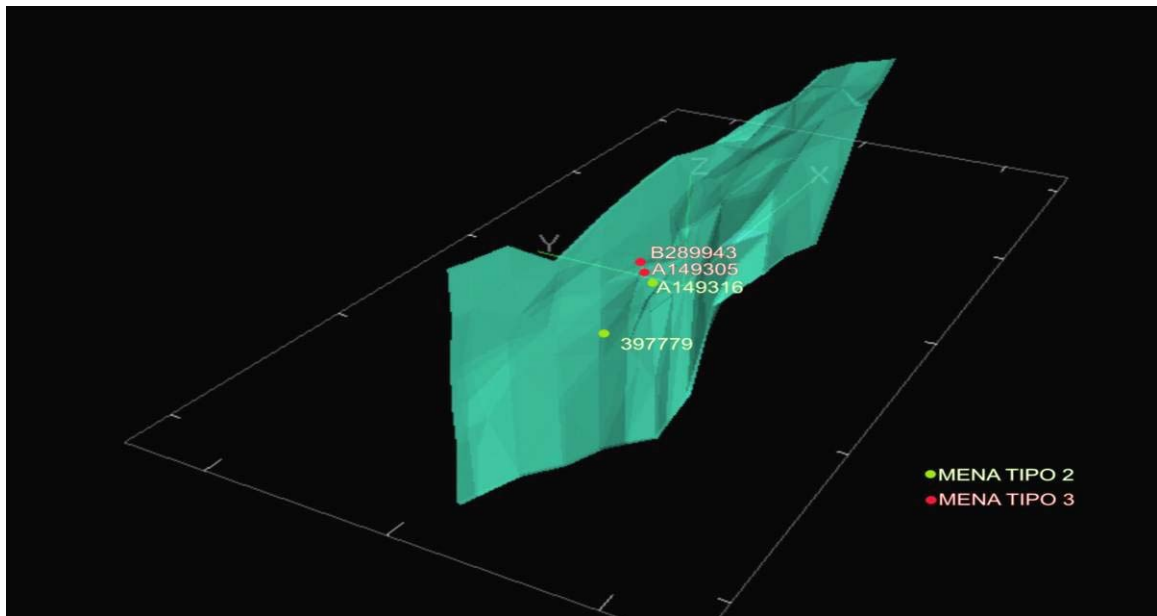
7.5.1 Composición Mineralógica

Tabla 23. Muestras con sección delgada-pulida de la veta 52.

Nº de muestra	X	Y	Z	Au (g/t)	Ag (g/t)	Cu (%)
39779*	1130611	1308230	2769	42,4	4	0,077
A149305	1130691	1308228	2825	90,4	40,6	1,63
A149316*	1130692	1308218	2815	20,40	30	1,39
B289943	1130682	1308175	2848			

(*): En estas muestras se observó oro al microscopio.

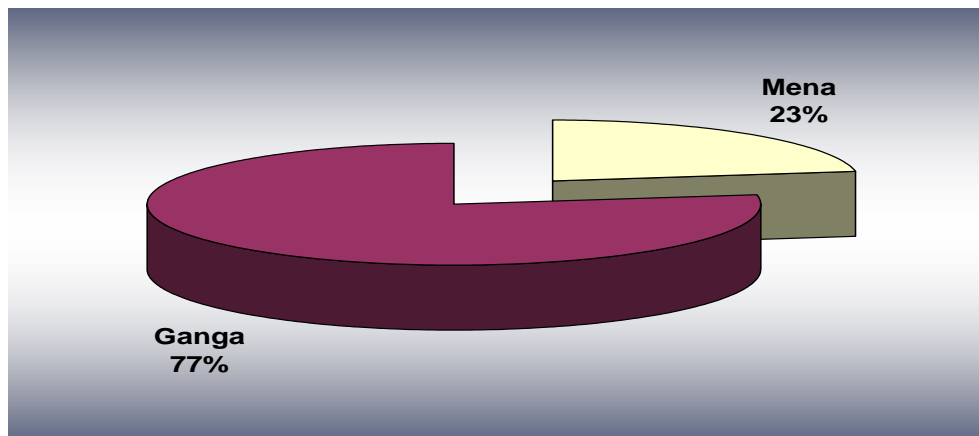
Figura 99. Imagen 3D mostrando la ubicación de las muestras con sección delgada-pulida para la veta 52.



Tomado de Greystar Resources, software Datamine.

La mineralogía establecida para estas secciones delgadas-pulidas se muestra en la tabla 24 y la relación mena ganga se puede observar en la figura 100.

Figura 100. Relación mena-ganga para la veta 52.



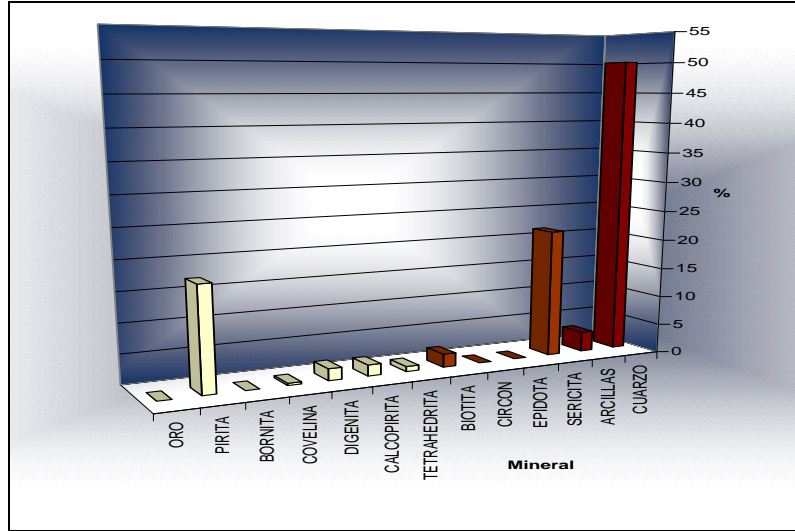
La relación mena – ganga promedio para estas secciones fue de 23%/77%

Tabla 24. Composición mineralógica de las menas representativas de la veta 52.

Nº de muestra	39779	A149316	A149305	B289943	% PROM	
	M.S.N.M					
MINERAL	2769	2815	2825	2848		
ORO	T	T			0,0005	Mena: 23%
PIRITA	25	26,5	9,5	8,5	17,375	
COVELINA	1	0,5			0,375	
DIGENITA		8			2	
CALCOPIRITA	2,5	5			1,875	
TETRAHEDRITA	2		0,5	1	0,875	
BIOTITA		2	7		2,25	Ganga: 77%
CIRCON			T		0,00025	
EPIDOTA			T		0,00025	
SERICITA	27	8	20	32	21,75	
ARCILLAS	2		5	6,5	3,375	
CUARZO	40,5	50	58	52	50,125	
TIPO DE MENA	2	2	3	3	=100%	

La composición mineralógica promedio establecida para estas muestras se observa en la figura 101.

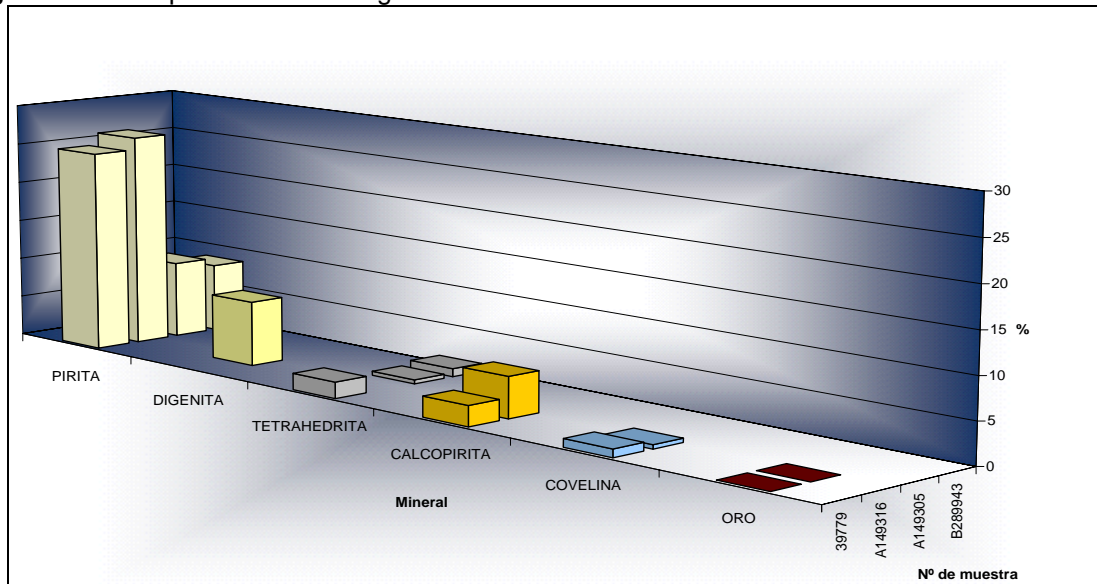
Figura 101. Composición mineralógica promedio de las menas de la veta 52



7.7.2.1 Mineralogía de la mena

La mineralogía de la mena de la veta 52 consiste en oro, pirita, digenita, bornita, covelina, calcopirita y tetrahedrita. A continuación se presentan las características principales de los minerales y su modo de ocurrencia en toda la veta. (Tabla 23 , Figura 102).

Figura 102. Composición mineralógica de las menas de la veta 52.



Oro (T): Se encuentra en las secciones de las muestras que están a mayor profundidad entre 2769 y 2815 m.s.n.m. de las siguientes maneras: como cristales anhedrales con bordes redondeados de tamaño de grano de 5.76 a 11.52 micras intersticiales entre los cristales y agregados de pirita y como cristales euhedrales a subhedrales con bordes subredondeados de tamaño de grano de 7.2 a 13 micras incluidos en cristales de pirita (Muestra 39779). Y como un cristal euhedral de tamaño de grano de 8.64 micras asociado a la matriz como oro libre (Muestra A149316).

Pirita (8.5-26.5%): Es el sulfuro predominante presente en todas las menas de esta veta de las siguientes maneras: Como cristales subhedrales con bordes redondeados a subredondeados, de tamaño de grano de 1 a 150 micras, diseminados por toda las menas de manera homogénea, formando también agregados granulares asociados con oro, calcopirita, digenita y tetrahedrita intersticial. formando venillas e hilos distribuidos esporádicamente en las secciones.

Calcopirita (2.5-5%): Esta presente al igual que el oro en las secciones de las muestras que están a mayor profundidad en esta veta entre 2769 y 2815 m.s.n.m. de las siguientes maneras: Como una masa intersticial entre los cristales de pirita asociada a tetrahedrita con remplazamiento de digenita o covelina y también como cristales amarillos anhedrales de tamaño de grano de 1 a 58 micras, asociados a la matriz.

Tetrahedrita (0.5-2%): Se encuentra de las siguientes maneras en estas menas: como masas intersticiales entre los cristales, agregados y venillas de pirita asociados a calcopirita y como diminutos cristales de tamaño de grano de 1.44 a 28.8 micras asociados a la matriz.

Covelina (0.5-1%): Esta presente al igual que el oro en las secciones de las muestras que están a mayor profundidad en esta veta entre 2769 y 2815 m.s.n.m. de la siguiente manera: como masas y manchas alterando la calcopirita de los bordes hacia el centro.

Digenita (8%): Ocurre como una masa remplazando parcial o totalmente a la calcopirita periféricamente (muestra A149316 ubicada espacialmente en el extremo este)

Las menas presentes en esta veta corresponden a los tipos **dos (2) y tres (3)**. El análisis paragenético permitió determinar las siguientes asociaciones:

✓ **Mena tipo 2:**

Paragénesis 1: Pirita ± Oro

Paragénesis 2: Tetrahedrita ± Calcopirita

✓ **Mena tipo 3:**
Paragénesis 1: Pirita
Paragénesis 2: Tetrahedrita

Figura 103. Características de la mena tipo tres (3). **A.** Agregado granular de pirita (Py) asociado con tetrahedrita (Td) intersticial. **B.** Agregado granular de pirita (Py) con textura cataclástica. (Muestra A149305, nicoles paralelos).

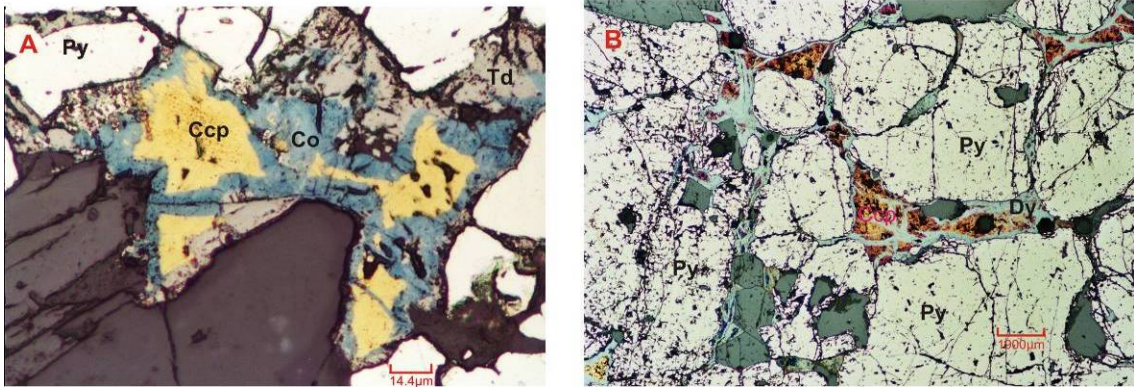
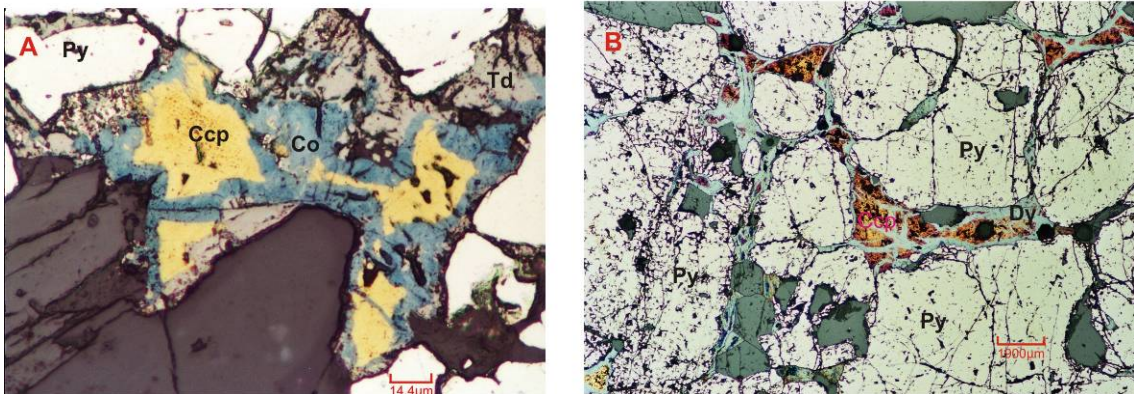


Figura 104. Características de la mena tipo dos (2). **A.** Agregado granular de pirita (Py) asociado con tetrahedrita (Td) y calcopirita (Ccp) intersticial, la calcopirita presenta un remplazamiento por covelina (Co) periféricamente. (Muestra 39779, nicoles paralelos) **B.** Agregado granular de pirita (Py) con textura cataclástica asociado intersticialmente con calcopirita (Ccp) la cual esta siendo remplazada periféricamente por digenita (Dy). (Muestra A149316, nicoles paralelos).



A nivel general la composición mineralógica de las menas de la veta 52 presenta las siguientes características:

- ✓ El oro ocurre en esta veta en los depósitos de **mena tipo dos (2)**. Este se presenta asociada a pirita intersticialmente o incluidos en ella. Este tipo de mena se presenta desde los 2769-2815 (m.s.n.m), hacia la parte mas

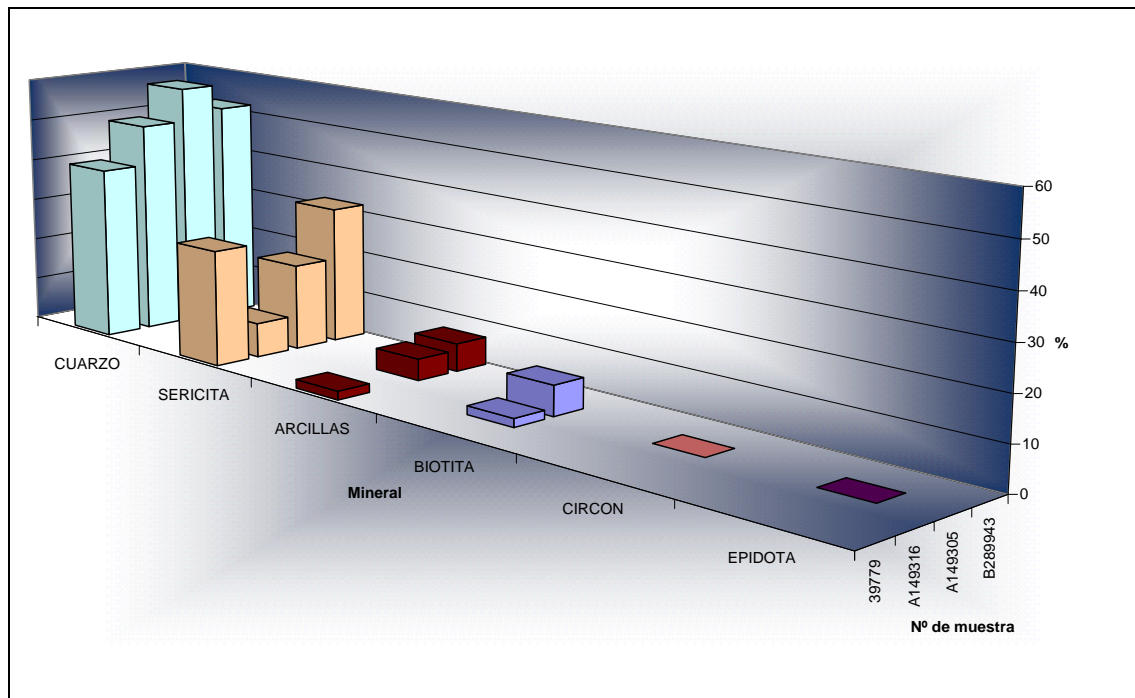
profunda de la veta en dirección oeste, y sus muestras presentan mayor heterogeneidad mineralógica.

- ✓ En la **mena tipo tres (3)** si bien se reportan un tenor de oro y plata de 20 y 30 g/t, no se observó este mineral en las secciones delgadas pulidas lo cual indica un tamaño submicroscópico. Este tipo de mena se localiza a menor profundidad y mas hacia el este.
- ✓ Esta veta presenta como mineral común para todas las menas a la pirita, presentando un porcentaje bajo con respecto a las demás vetas del estudio.

7.7.2.2 Mineralogía de la ganga

La mineralogía de la ganga de la veta 52 como se observa en la figura 105 esta formada en su mayoría por cuarzo, sericita y arcillas, cristales de biotita relicticos y circón y epidota como minerales accesorios.

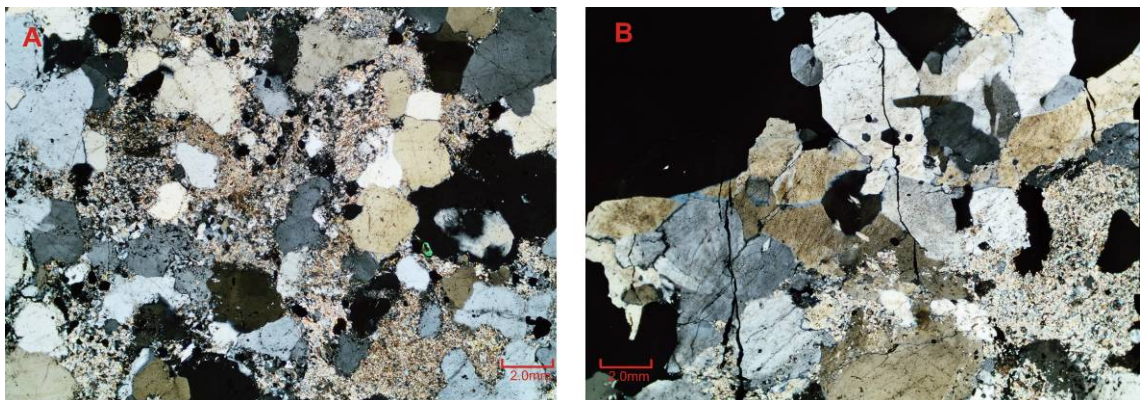
Figura 105. Mineralogía de la ganga veta 52.



La textura de los minerales de la ganga para esta veta es:

- Textura porfiritica-brechoide con cristales de cuarzo (20.5-48%) y biotita (2-7%) relicticos dentro de una matriz formada por agregados de diminutos cristales de habito escamoso de sericita (20-32%) asociado con agregados granulares de cuarzo microcristalino (10-20%) y arcillas (2-6.5%). (ver figura 106, A)
- Textura granular formada por agregados granulares de cristales de cuarzo de habito hexagonal de tamaño de grano de muy fino a medio con los minerales de la mena diseminados por toda la sección. (ver figura 106, B)

Figura 106. Textura de la ganga veta 52. **A.** Textura porfiritica-brechoide con cristales de cuarzo relictico en una matriz formada por agregados granulares de cuarzo microcristalino y sericita, Mena tipo dos (2) (Muestra A149305, nicoles cruzados), **B.** En la parte superior: Textura granular formada por agregados granulares de cuarzo de habito hexagonal y en la parte inferior: Textura porfiritica-brechoide con cristales de cuarzo relictico en una matriz formada en su mayoría por agregados granulares de sericita, Mena tipo tres (3). (Muestra A149316, nicoles cruzados).



7.7.3 Alteraciones

De acuerdo a las observaciones microscópicas de las secciones delgadas-pulidas para esta veta se describen las siguientes alteraciones:

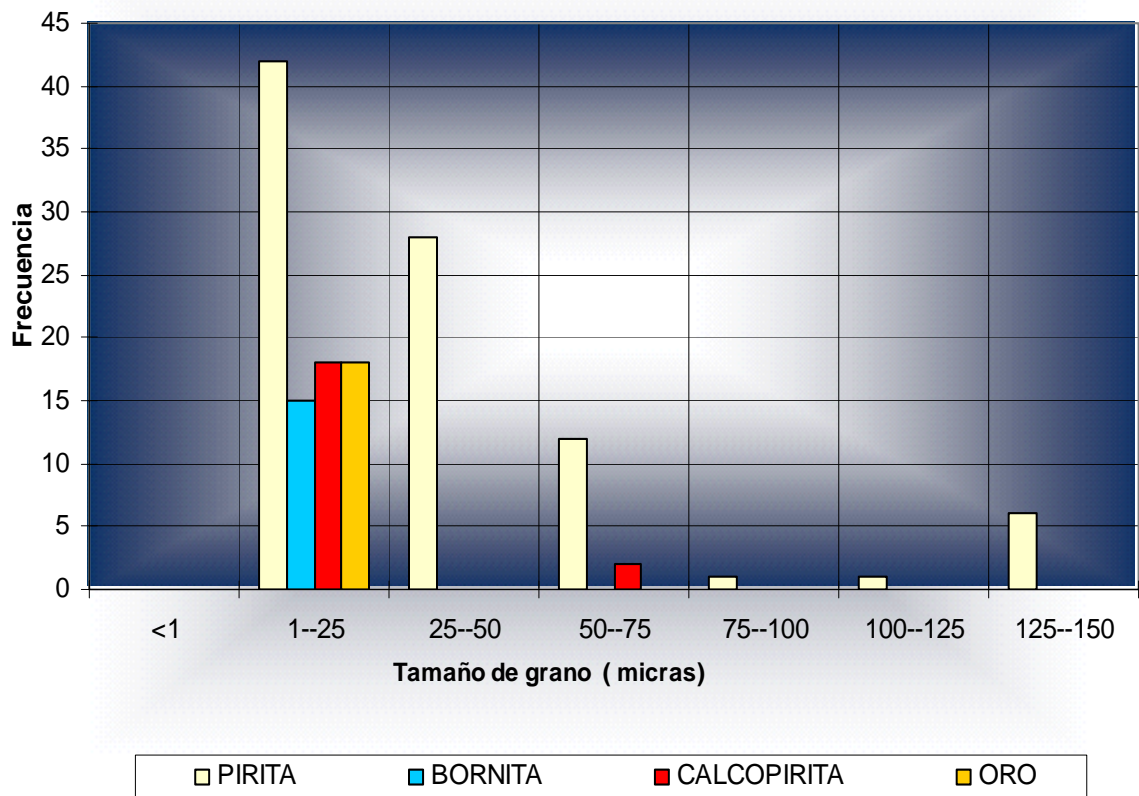
- **Silicificación moderada:** Formada por cuarzo recrystalizado de las siguientes maneras: formando la matriz de las secciones como agregados de cuarzo microcristalino asociado a agregados granulares de sericita y como agregados granulares de cristales de habito hexagonal con sulfuros diseminados e intercrecidos.
- **Seritización moderada:** Formada por agregados granulares de diminutos cristales de sericita de hábito escamoso producto de la mineralización asociada a cuarzo microcristalino constituyendo la matriz de las secciones.

- **Argilización baja:** Formada por escasas arcillas que ocurren como manchones de apariencia moteada asociada con la sericita y el cuarzo microcristalino forman la matriz de las secciones.

7.7.4 Análisis textural (tamaño de grano) de los minerales de la mena.

En la figura 107 se muestra la representación gráfica de la variabilidad de tamaños de grano de los diferentes minerales de la mena en lo posible (dependiendo de la abundancia del mineral) se realizaron 30 mediciones del tamaño de grano para cada mineral.

Figura 107. Análisis granulométrico de los minerales de la mena veta 52.



En esta veta la variabilidad del tamaño de grano de la pirita esta entre 1 micra hasta 150 micras, con mayor frecuencia en el rango de 1 a 25 micras y seguido del rango entre 25 a 50 micras; la calcopirita, la bornita y el oro se distribuyen en el rango entre 1 a 25 micras coincidiendo con el rango de mayor frecuencia para la pirita.

7.8 VETA 554

La veta 554 se encuentra ubicada en la parte norte del proyecto Angostura en la zona de **veta de barro** presenta un rumbo N75°W. Se encuentra comprendida dentro de los valores X, Y, Z máximos y mínimos como se describen:

X: 1130999 - 1131271

Y: 1309176 - 1309260

Z: 2967 - 3238

En la coordenada X esto representa una extensión de aproximadamente 272 m, en Y de 184 m y en Z de 271 m.

Esta vena se encuentra perpendicular a la falla Angostura y en la misma dirección de dos fallas satélite de la Angostura que la limitan por el norte y la falla de pozo por el sur. Por lo tanto se caracteriza como una zona con gran influencia de los esfuerzos. La roca caja de la mineralización corresponde a la unidad de rocas metamórficas del neis horblendítico biotítico, y tectonitas hacia la zona central de la estructura (Anexo 3 muestra B289869- B289870).

De esta veta se han tomado 328 muestras de las cuales 34 eran de superficie y 295 de pozos de perforación. (Datos a julio de 2005).

En base a esto se realizó el análisis de los tenores de oro, plata y porcentaje de cobre, y su distribución en la extensión de la estructura con el fin de seleccionar las muestras más representativas para el estudio petrográfico. A continuación se presentan las características composicionales de la veta 650.

7.8.1 Contenido de oro, plata y cobre.

Un análisis estadístico de frecuencias para los tenores de oro, plata y cobre se muestra a continuación:

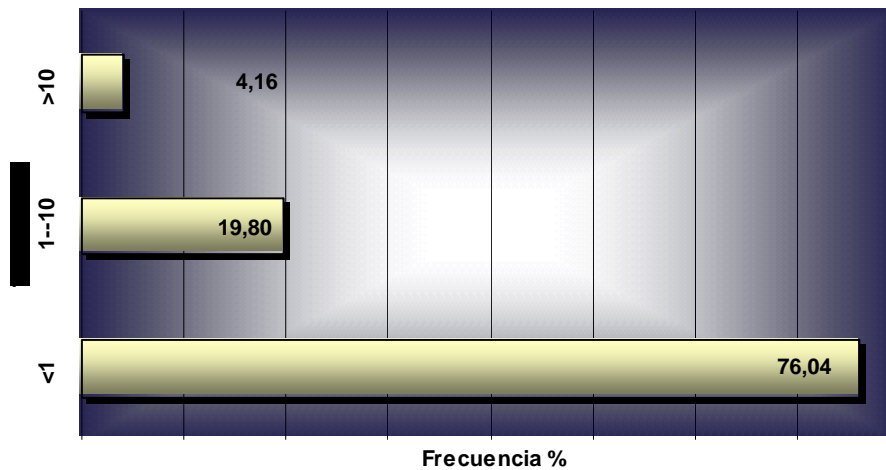
Tabla 25. Resultado del tratamiento estadístico de los contenidos de oro, plata y cobre de la veta 554.

Parámetro	Au (g/t)	Ag (g/t)	Cu %
# de datos	328	328	329
Media	1,63	7,39	-0,2
Mediana	0,32	1,6	0,008
Valor Mínimo	0	0	0
Valor Máximo	48	248	0,43

- **Oro:**

Como se observa en la tabla 25, de los 328 datos el tenor máximo de Au es de 48.02g/t, la media es de 1.62 g/t y la mediana de 0.3150 g/t. En la figura 108 se muestra un histograma de la distribución de tenores de oro para la estructura. Como se puede observar el 76.04% de los datos presenta tenores de Au entre 0-1g/t, el 19.8% entre 1-10 g/t y el 4% valores superiores a 10 g/t.

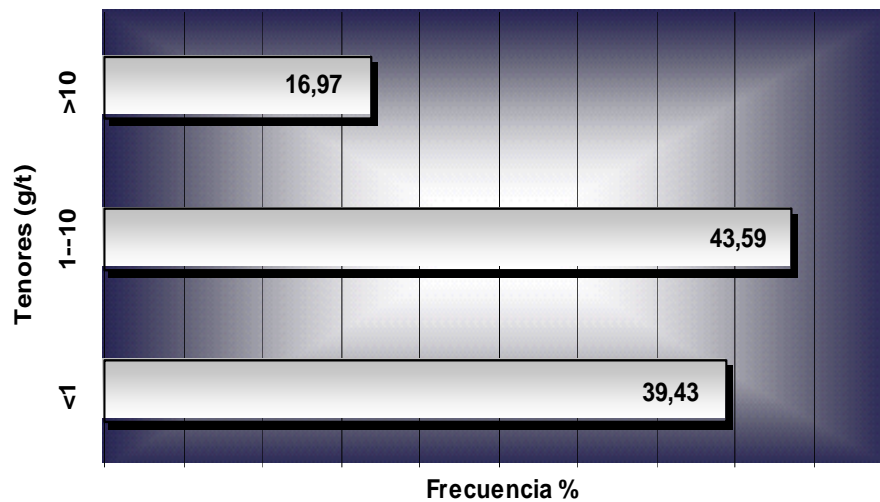
Figura 108. Histograma de frecuencia para tenores de oro, veta 554.



- **Plata:**

Como se observa en la tabla 28, de los 328 datos el tenor de Ag máximo es de 248 g/t, la media es de 7.38 g/t y la mediana es de 1.6 g/t.

Figura 109. Histograma de frecuencias tenores de plata veta 554.



En la figura 109 se muestra un histograma de la distribución de tenores de plata para esta veta.

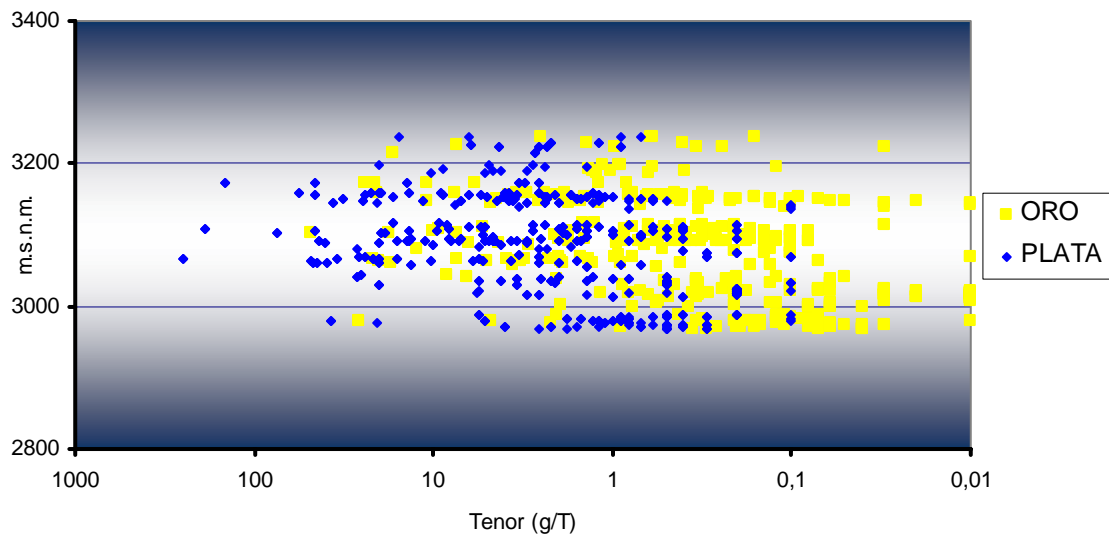
Como se puede observar el 39.43% de los datos presenta tenores de Ag entre <1g/t, el 43.59% presenta valores entre 1-10 g /t, el 16.97% presenta valores entre >10g /t y el 0.9 % superiores a 100g /t.

- **Cobre:**

Como se observa en la tabla 25, de los 329 datos el % máximo de Cu es de 0.43 % , la media es de - 0.19 % y la mediana es de 0.0076%.

La figura 110 muestra la distribución de tenores de oro y plata en profundidad de las muestras que hacen parte de la veta 554.

Figura 110. Distribución de tenores de oro y plata en profundidad para la veta 554.



La distribución de los tenores de oro y plata en la estructura con respecto a la profundidad se podría caracterizar dividiéndola en dos zonas separadas por un espacio de 50 metros, entre 3100 y 3150 m.s.n.m aproximadamente en los que no se observa mineralización. Las dos zonas se caracterizan por presentar altos porcentajes de tenores de plata entre 1-10 g/t distribuidos casi de manera homogénea, pero la zona mas baja comprendida entre 2950 -3150 m.s.n.m aproximadamente, presenta una mayor concentración de tenores de oro menores 1 g/t, y los valores por encima de este, se encuentran dispersos sin presentar un patrón característico.

La distribución de los mayores tenores de oro y plata, se encuentran distribuidos de manera homogénea en dirección noroeste-sureste. Los porcentajes de cobre mas elevados se encuentran hacia el sur este de la veta con valores mayores a 0.1%.

7.8.2 Composición mineralógica

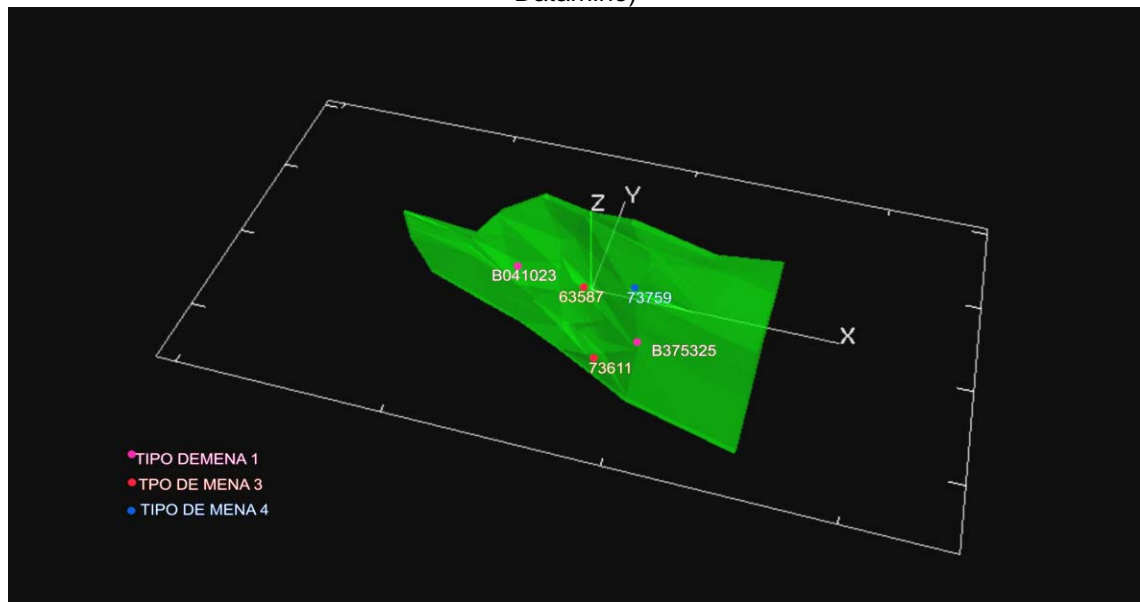
Para el estudio de la composición mineralógica se escogieron cinco muestras de pozos de perforación para la elaboración de sección delgada pulida, las cuales representan tenores de oro entre 9.96 y 25.79 g/t, plata entre 2.9 -248 g/t y porcentajes de cobre entre 0.01- 0.3 %; buscando el mayor cubrimiento de la estructura para describir una mineralización representativa para la veta.

Tabla 26. Muestras con sección delgada-pulida de la veta 554

Nº de Muestra	X	Y	Z	Au g/t	Ag g/t	Cu %
73611	131142	309220	2979	25,79	37,5	0,079
B375325	131192	30919	3065	19,9	48,5	0,06
B041023*	131051	309257	3067	21,80	248	0,391
63587	131130	309224	3105	9,96	46,20	0,04
73759	131184	309207	3147	10,98	2,9	0,014

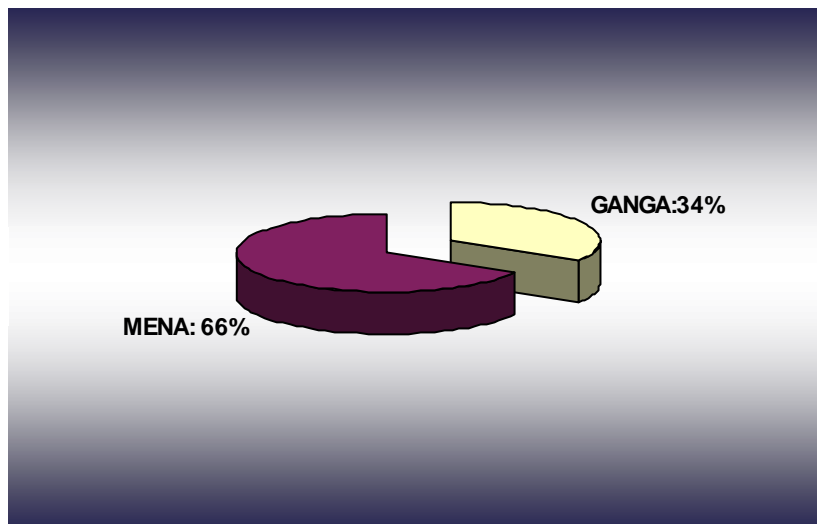
(*): En estas muestras se observó oro al microscopio.

Figura 111. Imagen 3D de las muestras con sección delgada-pulida para la veta 7. (Imagen de Datamine)



La mineralogía establecida para estas secciones delgadas-pulidas se muestra en la tabla 27 y la relación mena ganga se puede observar en al figura 112.

Figura 112. Relación mena-ganga para la veta 554.Nº de

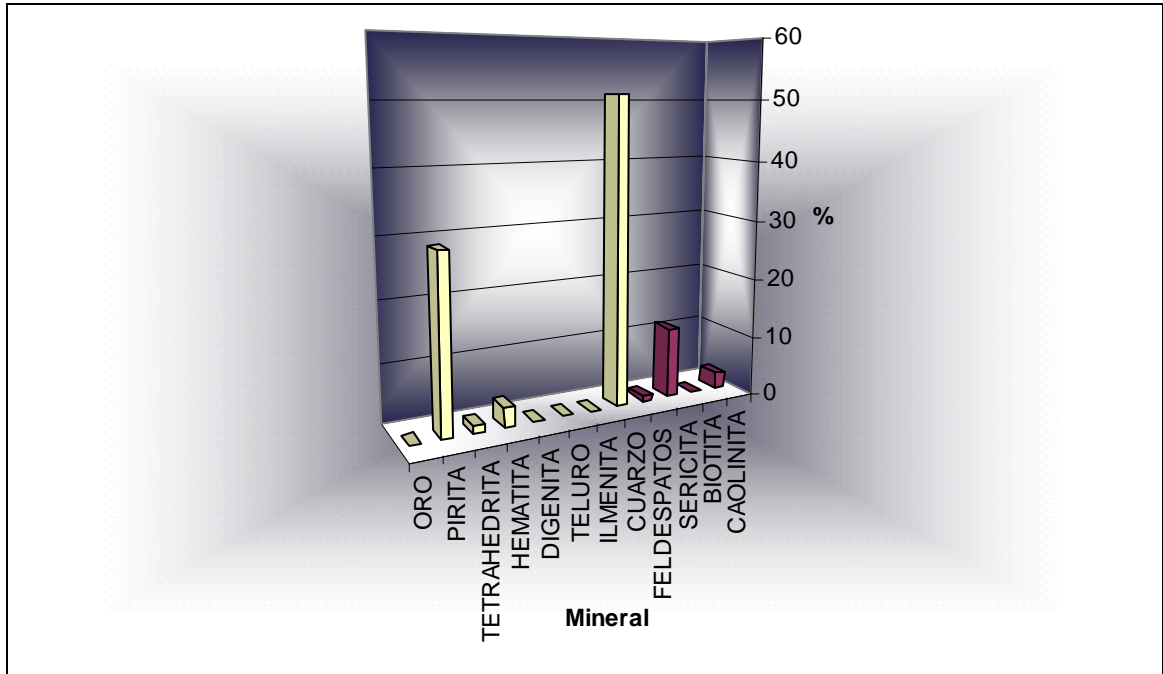


La relación mena ganga promedio para estas secciones fue de 34% / 67%, aproximadamente de 1 / 3.

Tabla 27. Composición mineralógica de las menas representativas de la veta 554

Nº de muestra	73611	B375325	B041023	63587	73759	% Promedio	
MINERAL	M.S.N.M						
	2979	3065	3067	3105	3147		
ORO		0,3				0,06	MENA: % 34
PIRITA	37,5	43,2	35	25,2	2,7	28,72	
TETRAHEDRITA		4	3			1,4	
HEMATITA					16,2	3,24	
DIGENITA			1			0,2	
TELURO			0,5			0,1	
ILMENITA					0,2	0,04	
CUARZO	51	41	43,7	58,6	60,2	50,9	GANGA: 66%
FELDESPATOS	2	3				1	
SERICITA	9,5	6	10,4	12,4	20,8	11,82	
BIOTITA		0,001				0,0002	
CAOLINITA		2,5	6,8	3,8		2,62	
TIPO DE MENA	3	3	1	3	4	=100%	

Figura 113. Composición mineralógica promedio de la veta 554.

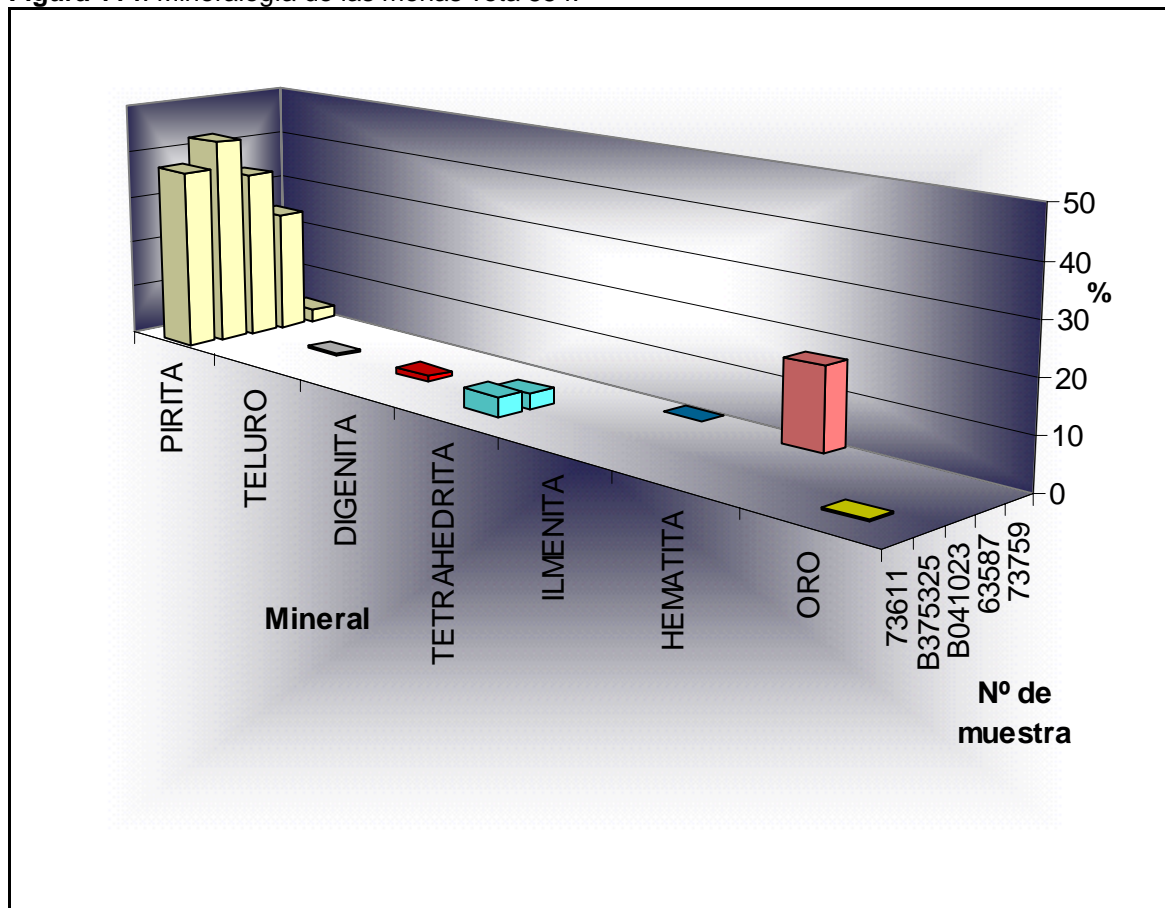


Como se puede observar en la figura 99 el sulfuro que predomina en la mena es la pirita con más de 25% seguida por la tetrahedrita y hematita, mayores a un 3% y digenita, teluros, ilmenita y oro, con menos de un 3%. Los minerales de la ganga son el cuarzo y los feldespatos. La biotita está localizada solo en la parte central de la mena y la sericita y arcillas se presentan con porcentajes mayores al 3% como minerales de alteración.

7.8.2.1 Mineralogía de la mena:

La mineralogía de la mena de la veta 554 consiste de dos tipos de pirita, tetrahedrita y oro, asociada a digenita. Ilmenita hematita y teluros. Se pueden observar los porcentajes de cada uno de los minerales en cada una de las muestras de estudio. (Tabla 27, figura 114).

Figura 114. Mineralogía de las menas veta 554.



Oro (0-T): Aparece de dos maneras hacia la parte central de la mena:

Oro1 (0.2%): Agregados amarillo dorado no pleocróicos e isotrópicos, anhedrales de tamaños variables entre 0.06 a 2.8 μ intercrecidos con agregados de pirita2 alargados y con cristales subhedrales a anhedrales de tetraedrita2 hacia los bordes del crista, intercrecidos con ellos; esta pirita2 se encuentra directamente asociada a la matriz de cuarzo2 y sericita. (Muestra B375325).

Oro2 (0.1%): Individuo amarillo dorado, no pleocróico e isotrópico, subhedral de 0,038 x 0,039 μ de bordes redondeados, incluido en tetraedrita1 anhedral asociado a la pirita 1dentro de la matriz de cuarzo2 y sericita. (Muestra B375325)

Pirita:(2.6-43%) se presento generalmente de tres maneras en dos generaciones. Los porcentajes varían entre 2,6-43%, pero en general el promedio de pirita para la mena es alto ya que la muestra que presenta menor valor, se encuentra dentro de la zona de oxidación.

Pirita1 (2.6-37.6%): Agregados alargados y eventualmente individuos diseminados sobre la matriz de cuarzo2 microcristalino y sericita. En algunos sectores se observan coronas de cuarzo2, rodeando los individuos presentando una textura en cresta.

Pirita2 (0-21%): Agregados en forma de hilos y venillas alargados asociados a tetraedrita e intercrecida con oro, intersticial a los individuos de cuarzo1 y feldspatos y dentro de la matriz de cuarzo2 y sericita, rellenando fracturas, dándole una leve orientación a la pirita1.

Tetraedrita (0-4%): Se presentan dos generaciones hacia la zona media de la mena asociada a los teluros y al oro.

Tetraedrita1 (0-3%): Individuos y agregados anhedrales e hilos muy finos alargados gris violáceo levemente pleocroico anisotrópicos asociados a la matriz. A este se asocia un cristal anedral de oro.

Tetraedrita2 (0-4%): Masas gris violáceo, de 0,2- 0.38 μ , levemente pleocróico, anisotrópico, anedral intersticial a los cristales de cuarzo1, intercrecida con pirita2 y con gran cantidad de teluros anhedrales incluidos. Eventualmente se encuentra asociada a digenita, intercrecida con la pirita2 y el oro. Común en la parte media de la mena, en la parte mas profunda y mas nor oeste.

Digenita (0-1%): Masas gris azulado variables, intercrecidas con tetraedrita2, y teluros, dentro de agregados de pirita2 alargados asociados a la matriz. Común en la parte media de la mena.

Teluros de plata (0-0.5%): Masas anhedrales amarillos poco reflectivos, no pleocróicos e isotropitos, relieve bajo, que varían su tamaño entre 0,038 -0,228 μ incluidos dentro de masas anhedrales de digenita incluida en pirita2 y eventualmente asociados a tetraedrita2. Se encuentra en la parte media de la mena.

Hematita(0-16.2%): Gris blanquecino, débilmente pleocróica, fuertemente anisotrópica, rellenando las fracturas del cuarzo3. Poco común en esta veta, se encuentra en la muestra que se esta mas cerca de la superficie, probablemente dentro de la zona de oxidación.

Ilmenita(0-0.2%): Individuos rosa palido, no pleocroico e isotropo, anhedrales asociados a oxidos dentro de la hematita, que se encuentran llenando las fracturas del cuarzo3. De igual manera corresponde a las muestras que se encuentran mas cerca de la superficie probablemente dentro de la zona de oxidación.

Las menas presentes en la veta 554 corresponden a los tipos **uno (1)**, **tres (3)** y **cuatro (4)**.

Las paragénesis minerales establecidas para esta veta son:

✓ **Mena tipo 1**

Paragénesis 1: Pirita ± Oro ± Tetrahedrita

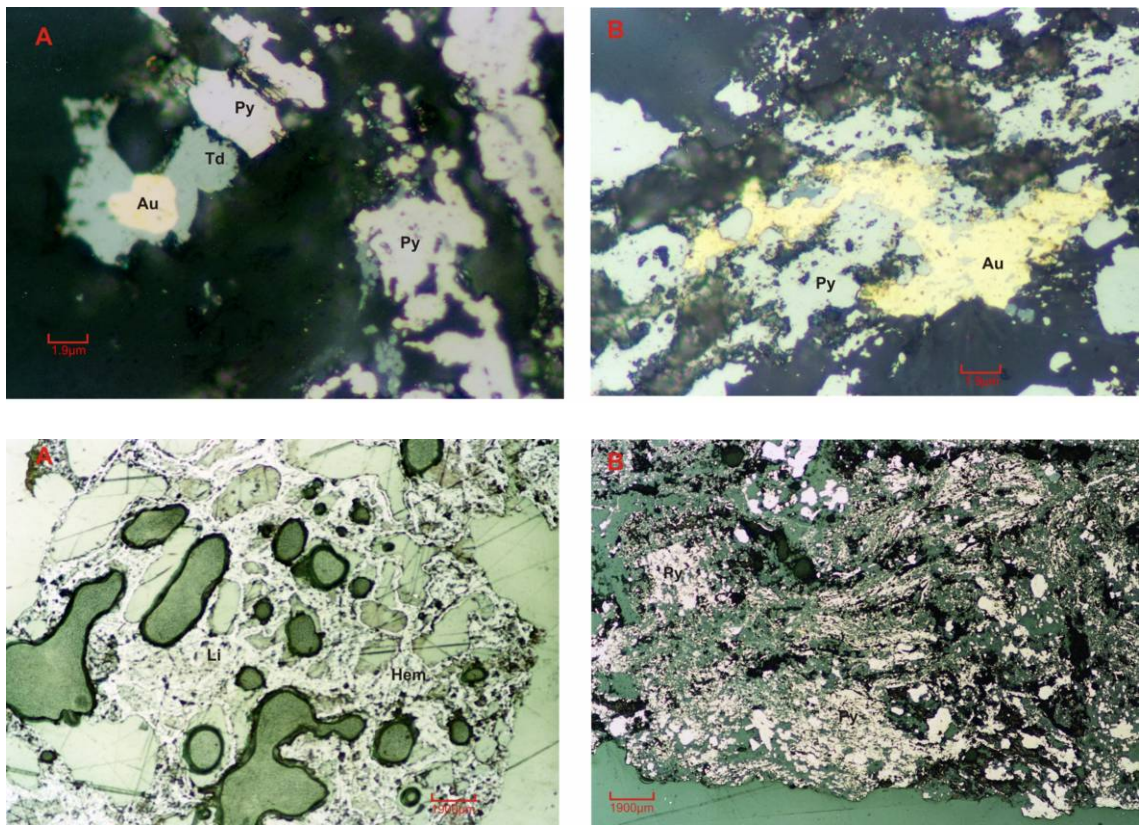
✓ **Mena tipo 3**

Paragenesis 2: Pirita ± Tetahedrita ± Digenita

✓ **Mena tipo 4**

Paragenesis 3: Limonita, ilmenita y hematita.

Figura 115. Asociaciones mineralógicas veta 554. (arriba) **A** Mena tipo 1. Cristales anhedral de pirita1 y agregados alargados de pirita 2, asociados a un cristal anhedral de tetraedrita1 el cual contiene un cristal de oro1 incluido. **B.** Masas anhedral alargadas de pirita2 intercrecida con oro2, y pequeños cristales de tetrahedrita2 hacia los bordes del cristal. (Abajo) **A.** Mena tipo 4. Agregados anhedral alargados y deformados de limonita y hematita. **B.** Agregados anhedral, alargados y deformados de pirita asociada a la matriz. con oquedades dentro de la matriz.



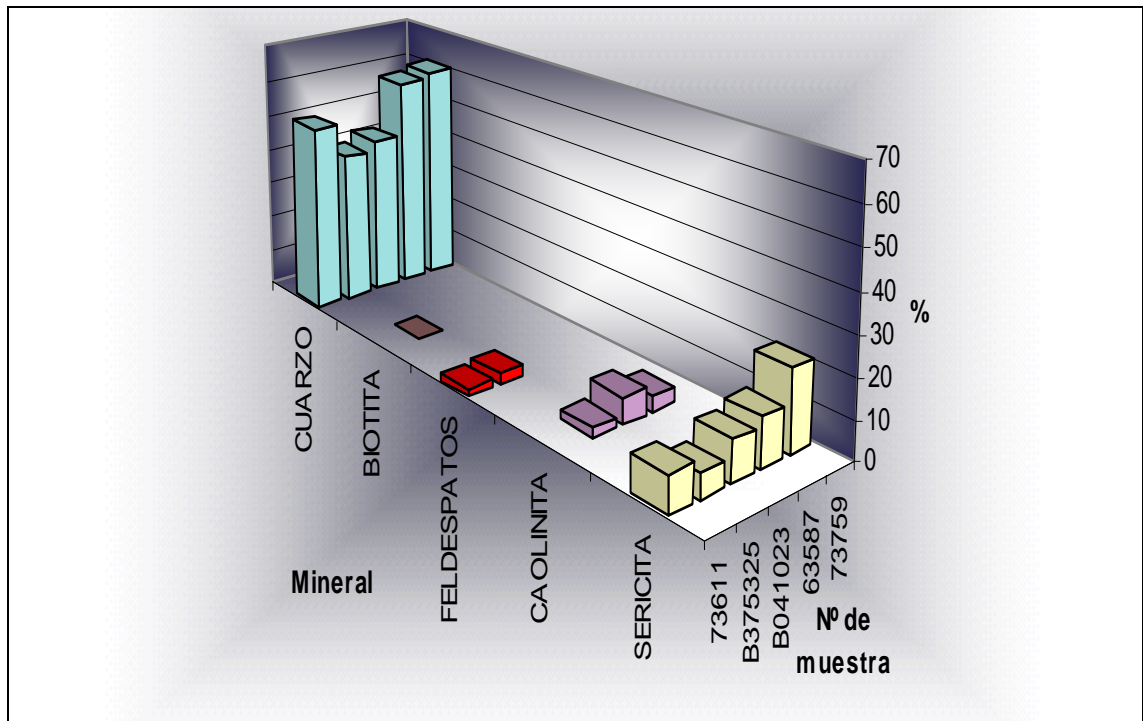
A nivel general la composición mineralógica de las menas de la veta 554 presenta las siguientes características:

- ✓ El oro ocurre en esta veta, incluido en tetraedrita y en mayor cantidad asociado a pirita, las dos clases en los depósitos de **mena tipo tres (3)**, el cual es característico de la parte media de la estructura hacia el nor oeste y en las muestras que se encuentra entre los 2979 hasta 3105 (m.s.n.m), aproximadamente.
- ✓ En la **mena tipo uno (1) y cuatro (4)**, si bien se reportan tenores de oro y plata elevados (entre 9.96-25.79 g/t de Au y 2.9-248 g/t de Ag), no se observó este mineral en las secciones delgadas pulidas lo cual indica un tamaño submicroscópico. La mena tipo uno (1), es característica de la parte oeste de la estructura y la mena tipo cuatro (4), de la parte mas superficial

7.8.2.2 Mineralogía de la ganga:

La mineralogía de la ganga de la veta 554 como se observa en la figura 102 esta formada en su mayoría por cuarzo el cual se presentan tres generaciones, feldspatos hacia la zona mas sur oeste y biotita en la parte central. Como minerales de alteración arcillas en la zona central y sercita a lo largo de toda la estructura e incrementando en dirección sur-este.

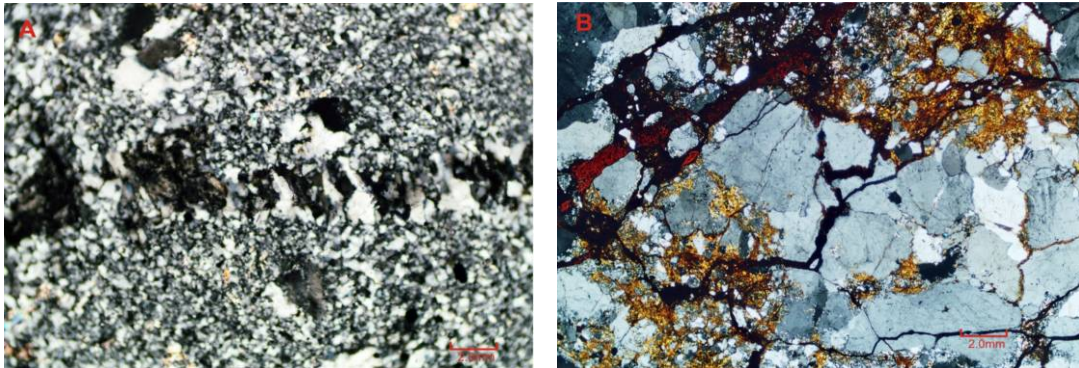
Figura 116. Mineralogía de la ganga veta 554.



La textura de los minerales de la ganga para esta veta es:

- ✓ Textura característica es porfírica brechoide, constante a lo largo de todo el bloque mineralizado. Esta compuesta por una matriz de cuarzo microcristalino asociado con agregados escamosos y aciculares de sericita, manchas de arcillas y en la parte media de la mena biotita, envolviendo a individuos de cuarzo1 alineados con bordes angulosos asociados a feldespatos alterados.
- ✓ El cuarzo3 se presenta en la zona sur-este donde se localiza la mena tipo tres (3), presentando una alta silicificación, que consiste de venillas de cuarzo microcristalino recristalizado. y en algunos casos con pirita1 dentro de ellas.
- ✓ Su textura y mineralización se encuentra afectada por los esfuerzos y las fallas, los cristales de cuarzo encuentran fracturados, con bordes angulosos, lamelas de deformación, extinción ondulante y una leve alineación de los agregados escamosos de sericita. A lo largo de toda la mena.

Figura 117. Texturas de la ganga, veta 554. A. Matriz de cuarzo microcristalino asociado a agregados escamosos y aciculares de sericita. B. Cristales de cuarzo fracturados y deformados, con sulfuros rellenando las fracturas y manchas de óxidos.



7.8.3 Alteraciones

En los lugares donde aflora la veta en superficie, se observó que la argilización disminuye hacia la zona de concentración de los sulfuros, la silicificación se incrementa, y la sericitización es moderada, se presentan manchas de óxidos hematización moderada a baja y cuarzo con oquedades.

A nivel microscópico en sección delgada pulida, las alteraciones observadas a diferentes profundidades corresponden a:

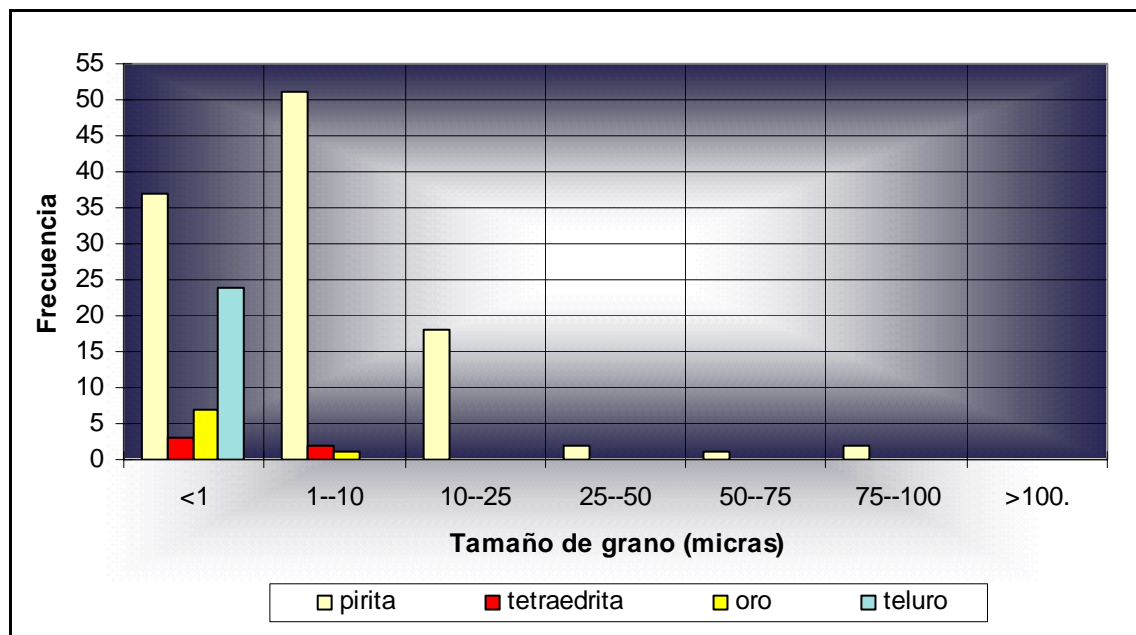
- **Silicificación fuerte:** Formada por cuarzo recristalizado constituyendo el mineral principal de la ganga dentro de la mineralización de las siguientes maneras: formando la matriz de las secciones como agregados de cuarzo microcristalino o agregados granulares de cristales de hábito hexagonal con sulfuros diseminados e intercrecidos. Esta aumenta en dirección sur este y a medida que disminuye la profundidad. Hacia la zona más sur oeste venas de cuarzo cortan la mena.
- **Sericitización moderada:** Formada por agregados escamosos producto de la mineralización asociada a cuarzo microcristalino constituyendo la matriz de la roca, se mantiene constante a lo largo de la estructura.
- **Argilización baja:** Manchas marronsáceas diseminadas en la matriz de la roca, asociadas a la sericita, el cuarzo 2 y de manera puntual a la biotita, concentrada en la zona central de la estructura.

- **Hematización baja:** La hematita se localiza en la muestra que se encuentra mas cerca la superficie, probablemente dentro de la zona de oxidación. Acompañada de ilmenita. Es la única muestra que presenta óxidos.

7.8.4 Análisis textural (tamaño de grano) de los minerales de la mena.

En la figura 104 se muestra la representación gráfica de la variabilidad de tamaños de grano de los diferentes minerales de la mena definidos en lo posible (dependiendo de la abundancia del mineral) mediante 30 mediciones del tamaño de grano para cada mineral.

Figura 118. Análisis granulométrico de las menas, veta 554.



Se encontraron ocho (8) granos de oro los cuales siete (7) tiene un tamaño inferior a 1μ y uno de 2.75μ entre $1-10\mu$. Se encuentra intercrecido con pirita² y tetraedrita², y en algunos casos con masas de digenita.

El tamaño de grano de la pirita varía entre 0.1μ hasta 84μ . Los mayores tamaños se observan hacia la zona más profunda y nor-oeste de la estructura pero en toda su extensión permanece sin cambios notorios. fluctuando entre 0.1μ y 18μ . En el grafico se puede observar una mayor presencia de individuos en el rango entre $1-10\mu$ correspondiente a un 45,95% de las medidas, seguido por los

tamaños menores a 1 μ . con un 33,33%, un 16,22% con valores entre 10-25 μ y un 4,50% con valores mayores a 25 μ .

Las medidas realizadas corresponden a individuos de pirita1, La agregados de pirita 1 y masas y venillas de pirita2 no son medidas, sin embargo representan altos porcentajes en las menas descritas.

Los teluros se encuentran incluidos en cristales de tetrahedrita, y algunas veces de tetrahedrita asociada a digenita. Todos sus valores se encuentran dentro del rango menores a 1 μ .

La tetrahedrita2 solo se pudo medir en un muestra con pocas datos para ser representativo para la mena, sin embargo los valores corresponden a un 60% de tamaños menores a 1 μ y un 40 % para valores entre 1-10 μ .

El tamaño de grano de la matriz de la mena es de grano medio muy homogéneo a lo largo de la estructura.

7.9 VETA 650

La veta 650 se encuentra ubicada en la parte este del depósito Angostura en la zona denominada como los Laches. Se encuentra comprendida dentro de los valores X, Y, Z máximos y mínimos como se describen:

X: 1131800 - 1131995

Y: 1308628 - 1308706

Z: 3342 - 3502

En la coordenada X esto representa una extensión aproximada de 195m, en la coordenada Y de 76m y en la coordenada z de 160m. presenta un rumbo N75W. Se encuentra ubicada en la zona más nor-este del área del proyecto Angostura, y se encuentra encajada en la unidad de rocas metamórficas correspondientes al neis cuarzo-feldespático y tonalitas en su parte sur este. Esta veta tiene influencia de dos grandes fallas, al norte la de **Pozo** y al Nor-este **romeral-cucutilla**.

De esta veta se han tomado 404 muestras de las cuales 17 son de superficie y 387 de pozo. (Datos a julio de 2005).

A continuación se presentan las características composicionales de la veta 650.

7.9.1 Contenido de oro, plata y cobre

Un análisis estadístico de frecuencias para los tenores de oro, plata y cobre se muestra a continuación:

Tabla 28. Resultado del tratamiento estadístico de los contenidos de oro, plata y cobre de la veta 650

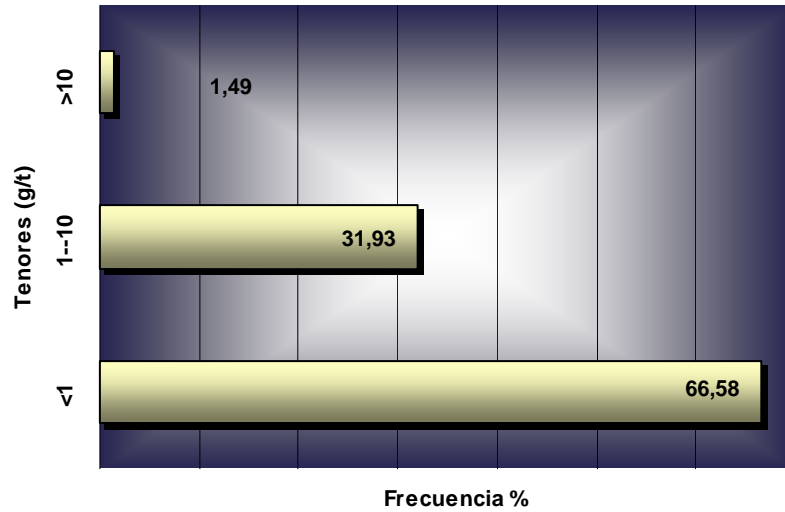
Parámetro	Au (g/t)	Ag (g/t)	% Cu
# de datos	404	404	397
Media	1,36	20,63	0,0047
Mediana	0,48	6,17	0,005
Valor Mínimo	0	0	0
Valor Máximo	41,16	292	0,12

- **Oro:**

Como se observa en la tabla 28, de los 404 datos el tenor máximo de Au es de 41.16g/t, la media es de 1.36 g/t, la mediana 0.48g/t

En la figura 119 se muestra un histograma de la distribución de tenores de oro para la veta. Como se puede observar el 66.58% corresponde al mayor porcentaje de datos con tenores entre 0-1g/t, el 31.93% de los datos se encuentra entre 1-10 g/t y el 1.49% valores superiores a 10g /t.

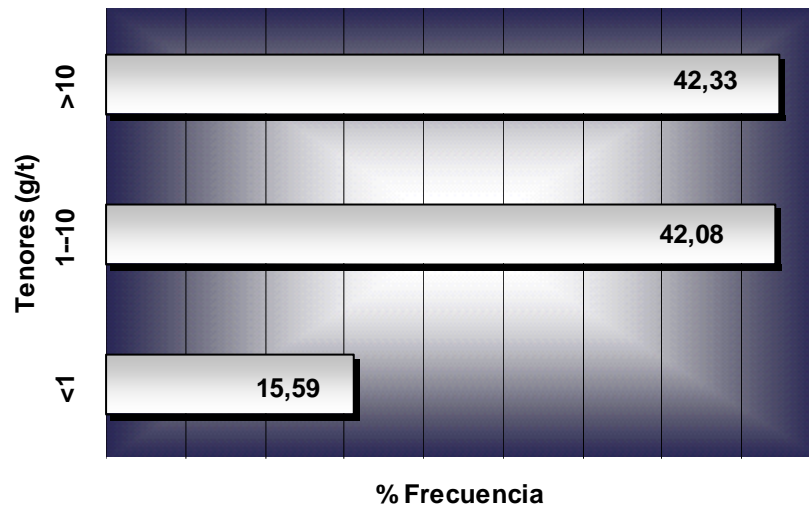
Figura 119. Histograma de frecuencias para tenores de oro veta 650



- **Plata:**

Como se observa en la tabla 28, de los 404 datos el tenor de Ag máximo es de 292 g/t, la media es de 20.6 g/t y la mediana es de 6.1g /t.

Figura 120. Histograma de frecuencias para tenores de plata veta 650



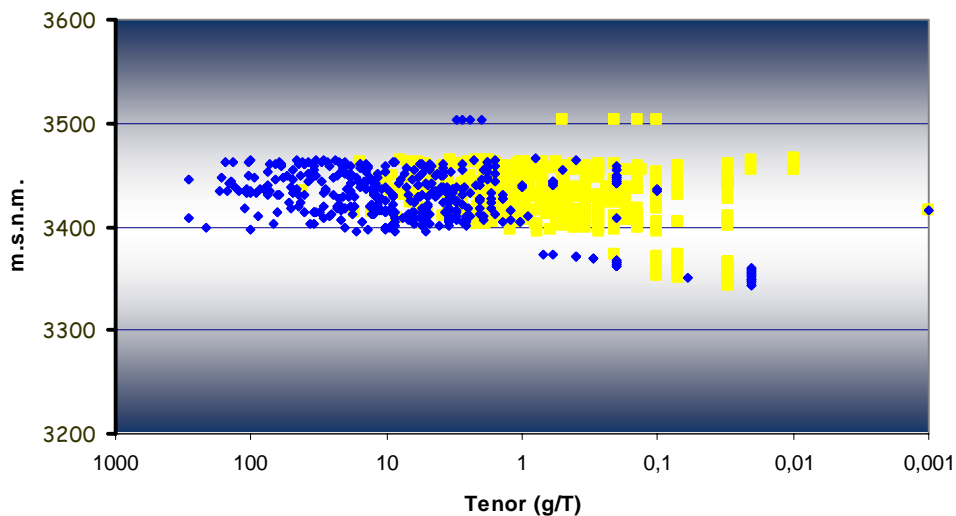
En la figura 120 se muestra un histograma de la distribución de tenores de plata para esta veta. Como se puede observar el 15.59% de los datos presenta tenores de Ag entre 0-1g/t, el 42.08% presenta valores entre 1-10 g /t, el 42.33% presenta valores mayores a 10 g /t

- **Cobre:**

Como se observa en la tabla 25, de los 397 datos que se tiene para el estudio, el porcentaje máximo de Cu es de 0.12 %, la media es de 0.0047% y la mediana es de 0.005%.

El grafico121 muestra la distribución de los tenores de oro plata con respecto a la profundidad. Se pueden observar dos sectores en los cuales no hay datos, entre los 3370-4000 y 3460- 3500 m.s.n.m. Los tenores de plata son mucho mas elevados que los tenores de oro, y esto caracteriza a esta veta, ya que se tiene una distribución homogénea a una altura de 3400-3470 m.s.n.m en un rango comprendido entre 1-100 g/t de Ag que corresponde al 66.55%; mientras que los tenores de oro en ese mismo rango a esa misma altura son del 31 %. La mayor concentración de tenores de oro se encuentran a esa misma altura entre 1-0.1 g/t siendo del 66 %. Los altos porcentajes de cobre para esta veta mayores a 0.01 % se concentran hacia el este de la veta y en la parte central los de oro y plata. Al sur este los valores de cobre plata son altos en relación a los tenores de Au.

Figura 121. Distribución de tenores de oro y plata en profundidad veta 650



7.9.2 Composición mineralógica

Para el estudio de la composición mineralógica se escogieron 3 muestras para elaborar sección delgada pulida, las cuales representan tenores altos de oro, plata y cobre y cuya distribución espacial es representativa para la veta 650. (Ver anexo 4, tabla 36, figura 108)

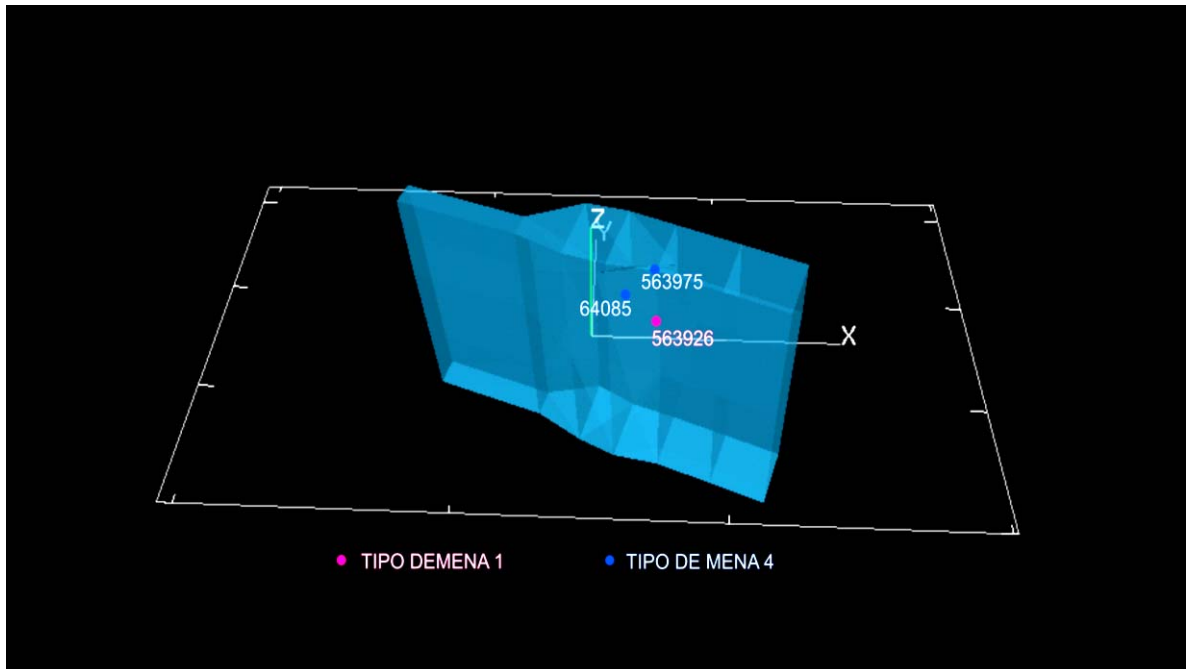
Las muestras cubren tenores de oro que van desde los 41.16 a 11.12 g/t, de plata 137 a 291 g/t y porcentajes de cobre entre 0.01 a 0.06 %. Los datos de ubicación y tenores correspondientes a cada veta se encuentran en la tabla 36

Tabla 29. Muestras con sección delgada-pulida de la veta 650.

Nº de Muestra	X	Y	Z	Au g/t	Ag g/t	%Cu
563975	131948	308653	3435	41,16	170,10	0,061
64085	131922	308664	3446	11,12	291,60	0,012
563926 *	131944	308676	3462	15,68	137,2	0,021

(*): En estas muestras se observó oro al microscopio.

Figura 122. Imagen 3D de la veta 650 resaltando la ubicación de las secciones delgadas-pulidas.



La mineralogía establecida para estas secciones delgadas-pulidas se muestra en la tabla 37 y la relación mena ganga se puede observar en al figura 123.

Figura 123. Se observo un porcentaje del 65% de ganga con respecto a un 35% de Mena.

Figura 123. Relación mena-ganga para la veta 650.

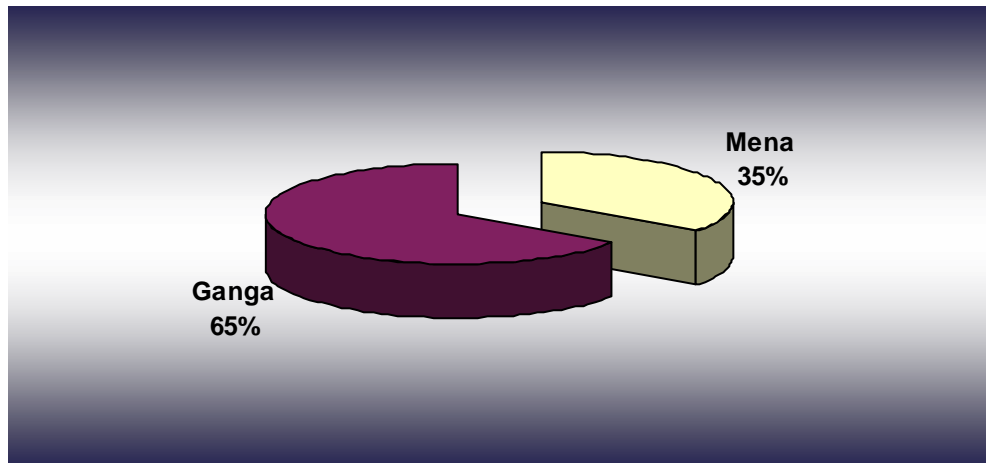
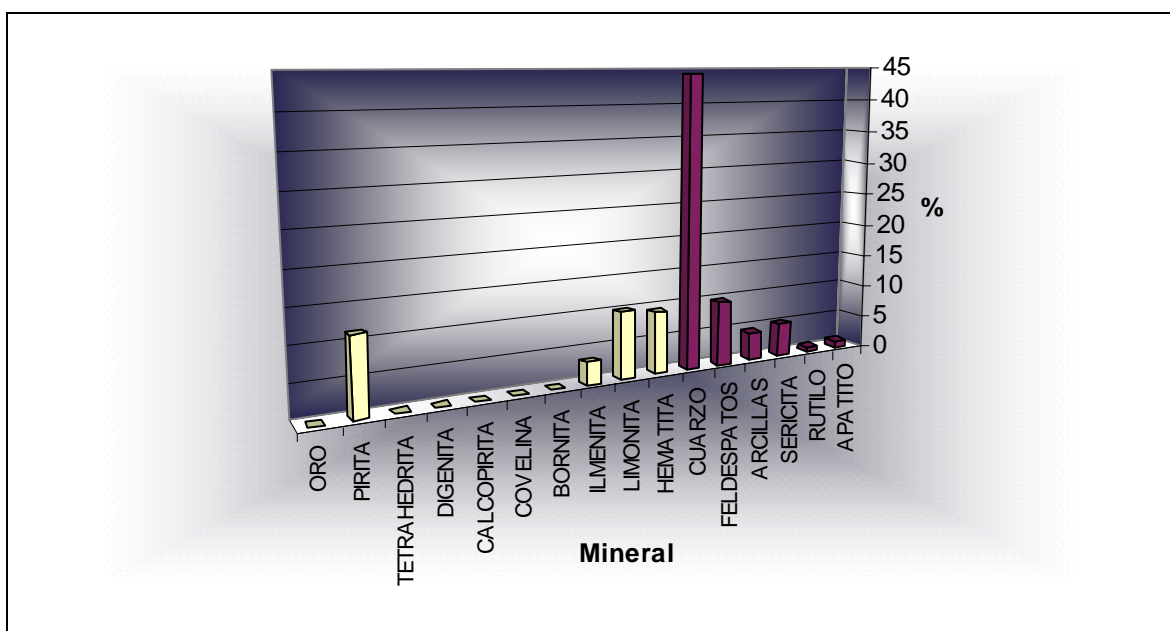


Tabla 29. Composición mineralógica de las menas representativas de la veta 650.

Nº de muestra	563975	64085	563926 *	Promedio	
	M.S.N.M				
MINERAL	3435	3446	3462		
ORO			0,001	0,0003	MENA:35%
PIRITA	10	5,5	19	11,5	
TETRAHEDRITA		0.001	0,2	0,06	
DIGENITA		0.001	0,2	0,066	
CALCOPIRITA	0,001			0,0003	
COVELINA	0,001	0,001		0,0007	
BORNITA	0,001	0,001		0,0007	
ILMENITA	10	0,001		3,33	
LIMONITA	30	0,5		10,16	
HEMATITA	10,5	18		9,50	
CUARZO	34,5	55	43,5	44,33	GANGA: 65%
FELDESPATOS		12,5	17	9,83	
ARCILLAS		8,5	4,5	4,33	
SERICITA			15,5	5,16	
RUTILO	2			0,66	
APATITO	3	0,001		1,00	
TIPO DE MENA	3	3	1	=100%	

Las menas correspondientes a las muestras 563975 y 64085, son muy similares mineralógicamente, están a profundidades mayores que la 563926 y mucho mas hacia el sur; presentan un mayor porcentaje de hematita, limonita e ilmenita y minerales de alteración, mientras que la que se encuentra mas al norte presenta mayor porcentaje de feldespatos, altos valores de arcillas y sericita y un cristal de oro libre en la matriz. Esta mena, a pesar de tener tenores de oro muy elevados no permitió observar oro bajo el microscopio debido su tamaño submicroscópico.

Figura 124. Composición mineralógica promedio de la veta 650.



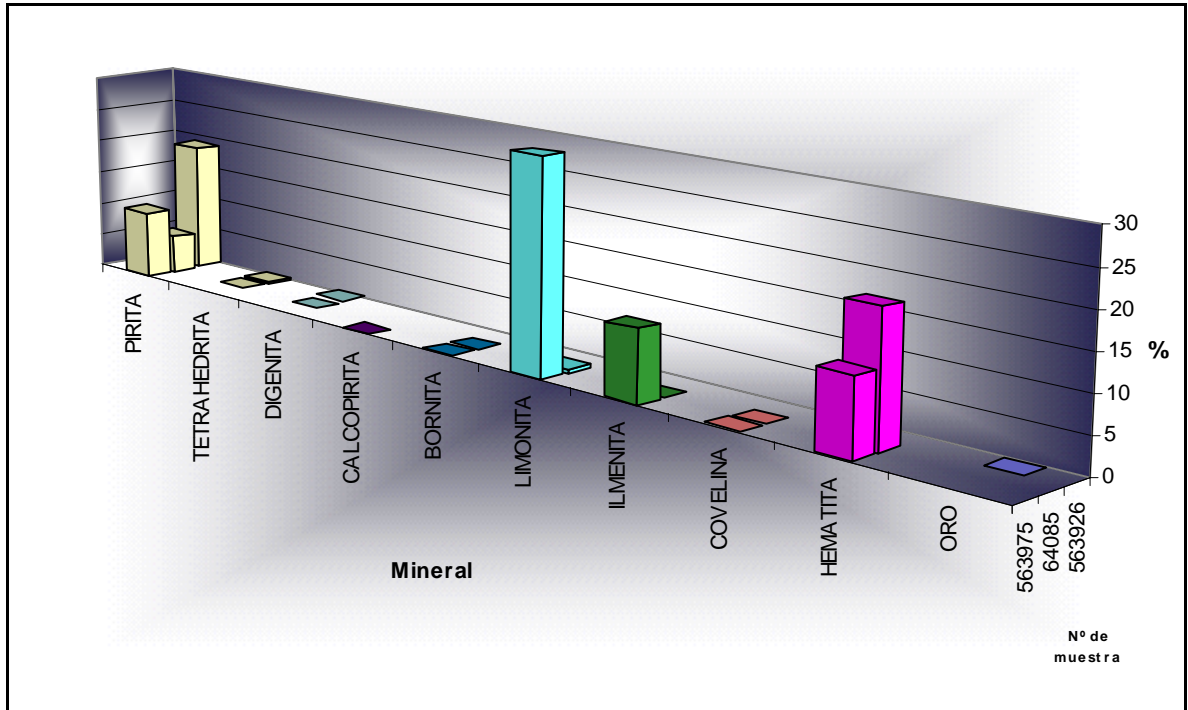
En promedio de la mineralogía de la veta 650 evidencia el dominio de la pirita, con limonita, ilmenita y hematita con mas de un 5%, acompañada de tetraedrita, digenita, calcopirita y bornita en porcentajes inferiores a 1%. Para los minerales de la ganga se observa un predominio del cuarzo con más de un 40 %, feldespatos del 10%, arcillas y sericita del 5%, rutilo y apatito como minerales accesorios.

7.9.2.1 Mineralogía de la mena

La mineralogía de las menas de la veta 650 consiste en oro, pirita, tetraedrita, digenita, calcopirita, bornita, limonita, hematina, ilmenita y covelina. (Tabla 29, Figura 125).

A continuación se presentan las características principales de los minerales y su forma de ocurrencia.

Figura 125. Mineralogía de las menas veta 650.



Oro (0-T%): Individuo subhedral amarillo dorado de 0.76μ , no pleocrómico e isotrópico libre sobre la matriz de cuarzo microcristalino, sericita y arcillas. Presenta en la mena que se encuentra a mayor altura y mas hacia el norte, asociada a la mena 1.

Pirita (5,5- 19%): Se observaron dos generaciones de pirita, la primera común a lo largo de toda la estructura y la segunda al parecer mas antigua, concentrada en la parte nor-oeste y en las muestras que se encuentran a mayor altura en m.s.n.m. Este mineral es común en todas las muestras.

Pirita 1 (4.5%): Como cristales individuales diminutos euhedrales y anhedrales con apariencia esqueletal de tamaño de grano de 1.4 a 3 micras, diseminados esporádicamente dentro de la matriz y formando agregados granulares con formas alargadas alrededor de los cristales de cuarzo¹ y feldespatos, con textura cataclástica.

Pirita 2 (1%): Agregados de diminutos hilos de 0.5μ asociados a la digenita y tetraedrita sobre la matriz mas arcillosa y sericitica asociada a tetraedrita, bornita.

Digenita (0.2%): Cristales anhedrales muy finos de 0,4 μ disseminados en la matriz y asociados a la pirita² y la tetraedrita; común en las muestras de la mena que se encuentran hacia el nor-oeste y a mayor altura en m.s.n.m.

Tetraedrita (0.2%): Cristales subhedrales de 0,576 μ en forma de hilos disseminados en la matriz arcillosa y sericitica asociados a los cristales de pirita² y digenita. Común en las muestras de la mena que se encuentran hacia el nor-oeste y a mayor altura en m.s.n.m.

Calcopirita (0-T): Como cristales amarillos, no pleocróicos e isótropos, anhedrales, de tamaño de grano de 1 a 15 micras localizados esporádicamente en la sección y asociados a la matriz alterándose a covelina y bornita. Presente en la zona más sur oeste y profunda de la estructura.

Covelina (0-T): Manchas azul variable, débilmente pleocróicas y fuertemente anisotrópicas alterando la calcopirita del centro hacia los bordes y asociada a bornita. Presente en la zona mas profunda de la estructura.

Bornita (0-T): Manchas rosado pardo y diminutos hilos dentro de la matriz, no pleocróica con fuerte anisotropía, alterando la calcopirita del centro hacia los bordes asociada a covelina Presente en la zona mas profunda de la estructura.

Limonita (0-30%): Masas irregulares, oolíticas y pisolíticas, como cintas rellenas fracturas, o bordeando moldes relícticos de al parecer cristales euhedrales, hilos paralelos y entrecruzados, gris azulosos, no pleocróicos e isótropo, distribuidas homogéneamente por toda la sección, la cual esta siendo remplazada por hematita, en contacto con ilmenita, asociada a la matriz formada por cuarzo microcristalino. Presente en las muestras que se encuentran mas hacia el sur de la estructura.

Hematita (0-18%): Agregados de diminutos cristales redondeados, gris blanquecino, débilmente pleocróica, fuertemente anisotrópica, remplazando la limonita. Presente en las muestras que se encuentran mas hacia el sur de la estructura.

Ilmenita (0-10%): Como manchas difusas rosado marrónzaceas a marrón rojizo sobre la matriz, ocasionalmente cristales individuales de habito tabular o formando hilos entrecruzados asociadas a limonita. Presente en las muestras que se encuentran más hacia el sur de la estructura.

Las menas presentes en esta veta corresponden a los tipos **uno (1) y cuatro (4)**.

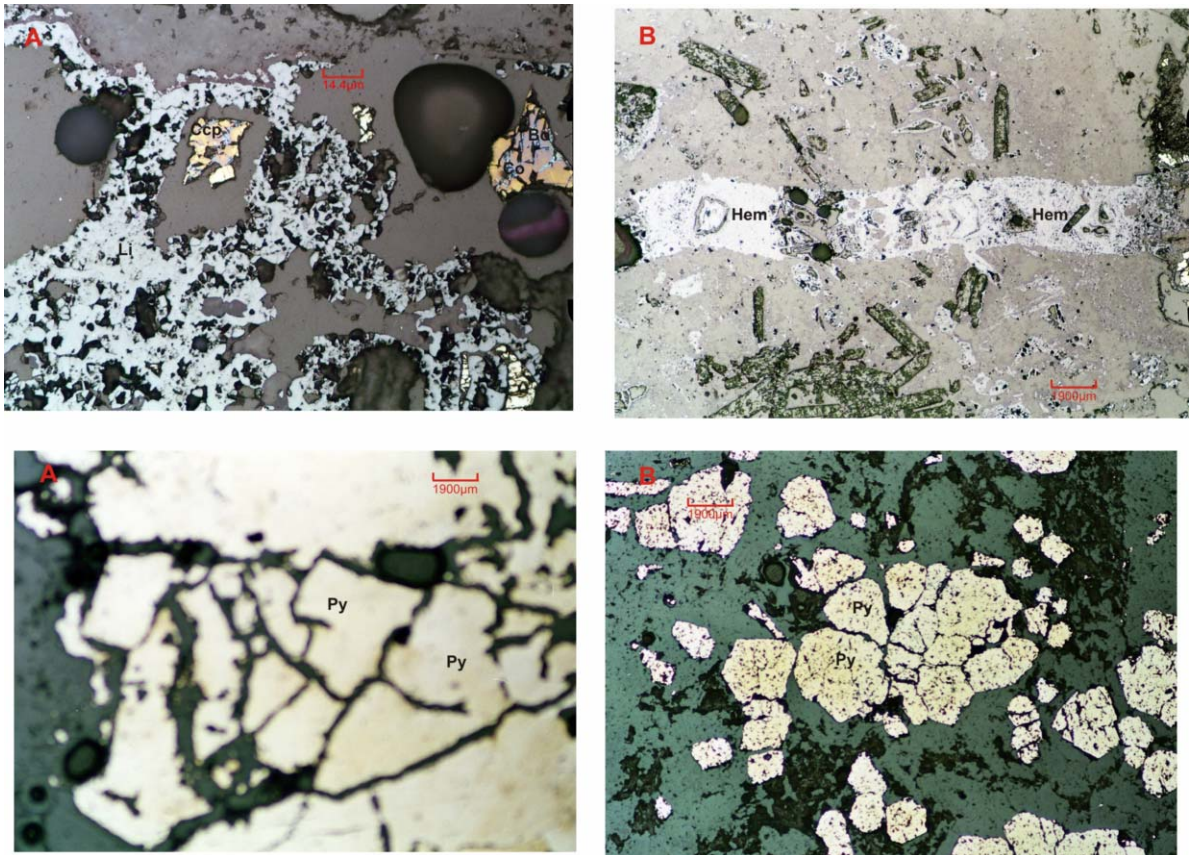
Los análisis paragenético permito establecer las siguientes asociaciones:

- ✓ **Mena 1 :**
Paragenesis 2: Oro+ Pirita2+ Tetrahedrita+ Digenita± Bornita ± Covelina.
- ✓ **Mena 4:**
Paragénesis 1: Pirita1 ± Calcopirita+ Covelina+ Bornita+ Limonita+ Hematita+ Ilmenita.

A nivel general la composición mineralógica de las menas de la veta 650 presenta las siguientes características:

- ✓ El oro ocurre en esta veta de manera libre asociado a la **mena tipo uno (1)**, y corresponde a la muestra que se encuentra a mayor altura, y mas hacia el norte, (Muestra 563926). El tipo de mena cuatro (4), es característico de la zona mas sur.
- ✓ Si bien se reportan tenores de oro y plata elevados (entre 11 g/t de Au y 137.2-291.6 g/t de Ag), no se observó este mineral en las secciones delgadas pulidas lo cual indica un tamaño submicroscópico.

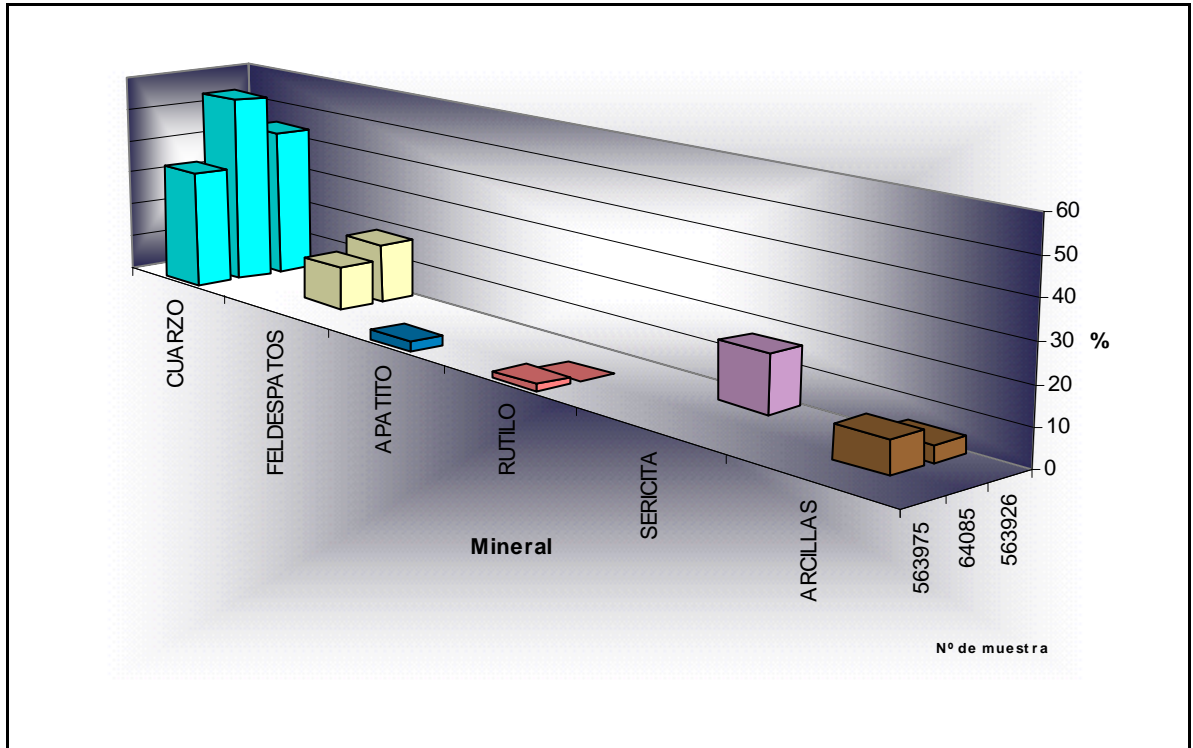
Figura 126. Asociaciones mineralógicas mena tipo uno (1) y tipo cuatro (4), veta 650. Mineralogía de la mena tipo 4. (Arriba) A. Diminutos agregados granulares de calcopirita, covelina y bornita, asociados a agregados anhedrales de limonita. B. Venilla de hematita asociada a pirita. Mineralogía de la mena tipo 1. (Abajo) A. Cristal de pirita de gran tamaño, fracturado. B. Agregados granulares de pirita asociados a la matriz.



7.9.2.2 Mineralogía de la ganga

La mineralogía de la ganga de la veta 650 como se observa en la figura 127 esta formada en su mayoría por cuarzo microcristalino y relíctico, como mineral principal. Cristales de feldespato se encontraron en las muestras que se encuentran mas hacia el norte y menos profundas, con escasa sericita y arcillas. Rutilo y apatitos como accesorios en las muestras mas profundas.

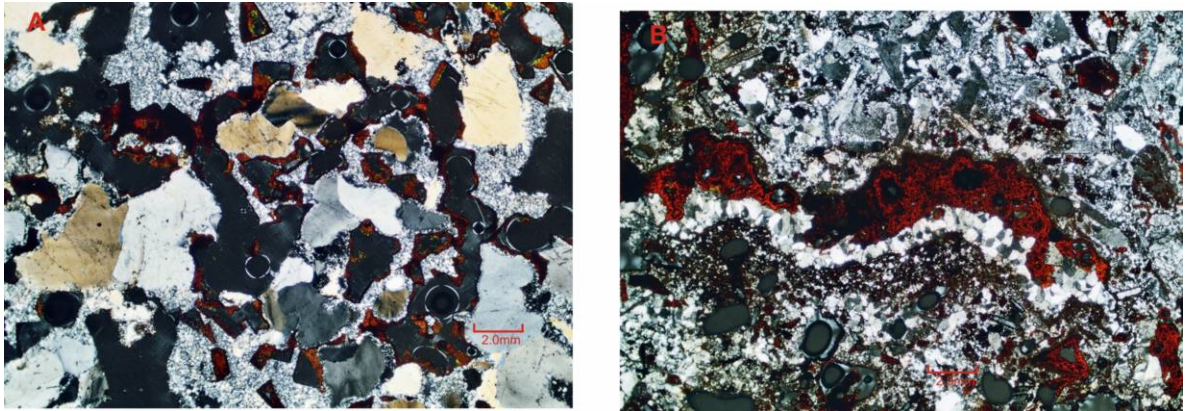
Figura 127. Mineralogía de la ganga veta 650.



La textura de los minerales de la ganga, la cual corresponde al 65% de la veta es:

- ✓ Esta sección consiste de una textura porfiritica-brechoide, con cristales de cuarzo¹ relictico (6.25-23.5%), feldespatos (0-17%) inequigranulares anhedral, angulosos y deformados, con rutilo (0-2%) y apatitos (0-3%) dentro de la matriz, formada por cuarzo² (24-31.5%) microcristalino con arcillas (0-8.5%) y sericita (0-15.5%) cortada por venillas de cuarzo (0-4.5%) con textura en cresta. Agregados granulares de cristales de cuarzo de habito hexagonal formando una textura en cresta alrededor de los minerales de la mena diseminados por toda la sección.
- ✓ Los minerales de mena se encuentran rodeando los cristales de la ganga a manera de cordones y diseminados en toda la sección.

Figura 128. Texturas de la ganga, veta 650. **A.** Cristales de cuarzo relíctico, feldspatos dentro de una matriz, formada por cuarzo² microcristalino y sericita. **B.** Agregados granulares de cuarzo microcristalino con una venilla de hematita y sulfuros diseminados rodeados por cuarzo con textura en cresta.



7.9.3 Alteraciones

Esta veta no aflora en superficie. A nivel microscópico en sección delgada pulida, las alteraciones observadas a diferentes profundidades corresponden a:

Silicificación fuerte: Formada por cuarzo recristalizado (24-31.5%) de las siguientes maneras: Formando la matriz de las secciones como agregados de cuarzo microcristalino asociado a agregados granulares de sericita o arcillas, y como agregados granulares de cristales de hábito hexagonal en forma de corona alrededor de los cristales del cuarzo¹, feldspatos y algunos sulfuros, los cuales están diseminados sobre esta. También se presenta en forma de estrechas venillas que cortan las secciones transversalmente con textura en cresta. Se observa un aumento hacia el norte.

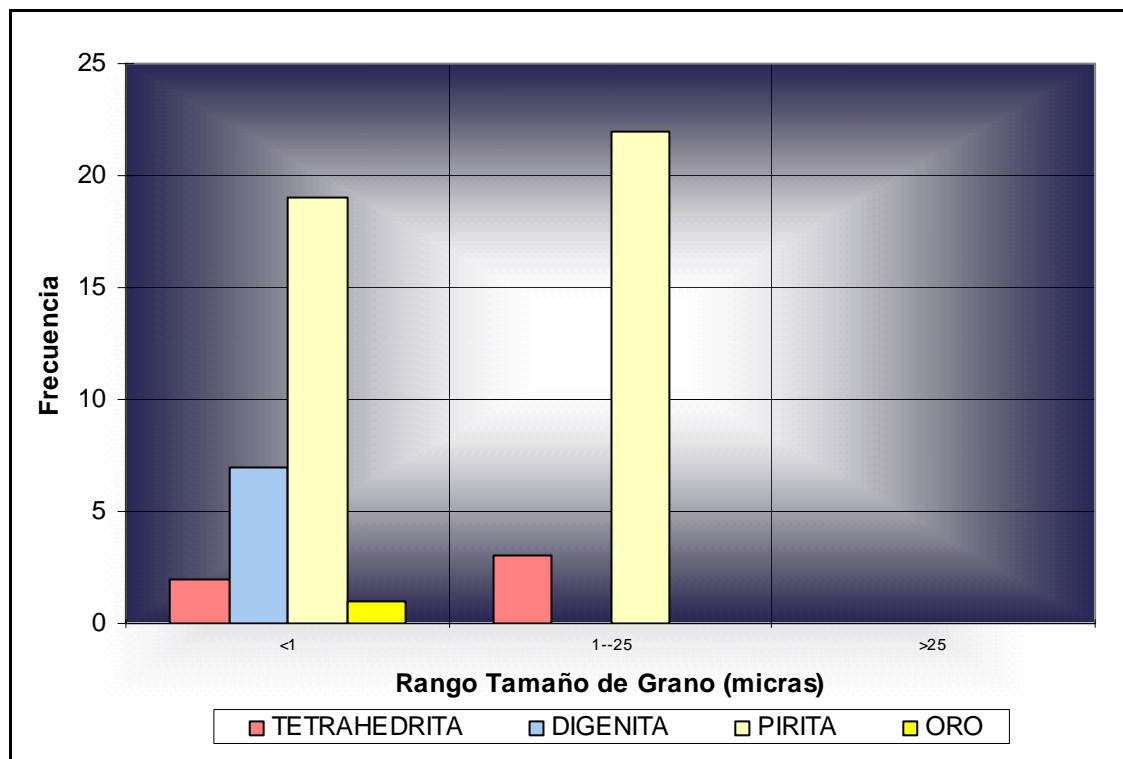
Seritización baja: Formada por escasos agregados de sericita de hábito escamoso producto de la mineralización, asociada a cuarzo microcristalino y arcillas, presente en la sección que se encuentra más al norte asociada al cuarzo microcristalino y arcillas.

Argilización baja: Formada por escasas arcillas que ocurren como manchones marrones de apariencia moteada asociada con la sericita y el cuarzo microcristalino formando la matriz de las secciones que se encuentran al nor-oeste de la veta, con tendencia a aumentar en esa dirección.

7.9.4 Análisis textural (tamaño de grano) de los minerales de la mena.

En la figura 115 se muestra la representación gráfica de la variabilidad de tamaños de grano de los diferentes minerales de la mena definidos en lo posible (dependiendo de la abundancia del mineral) mediante 30 mediciones del tamaño de grano para cada mineral.

Figura 129. Análisis granulométrico de los minerales de la mena veta 650

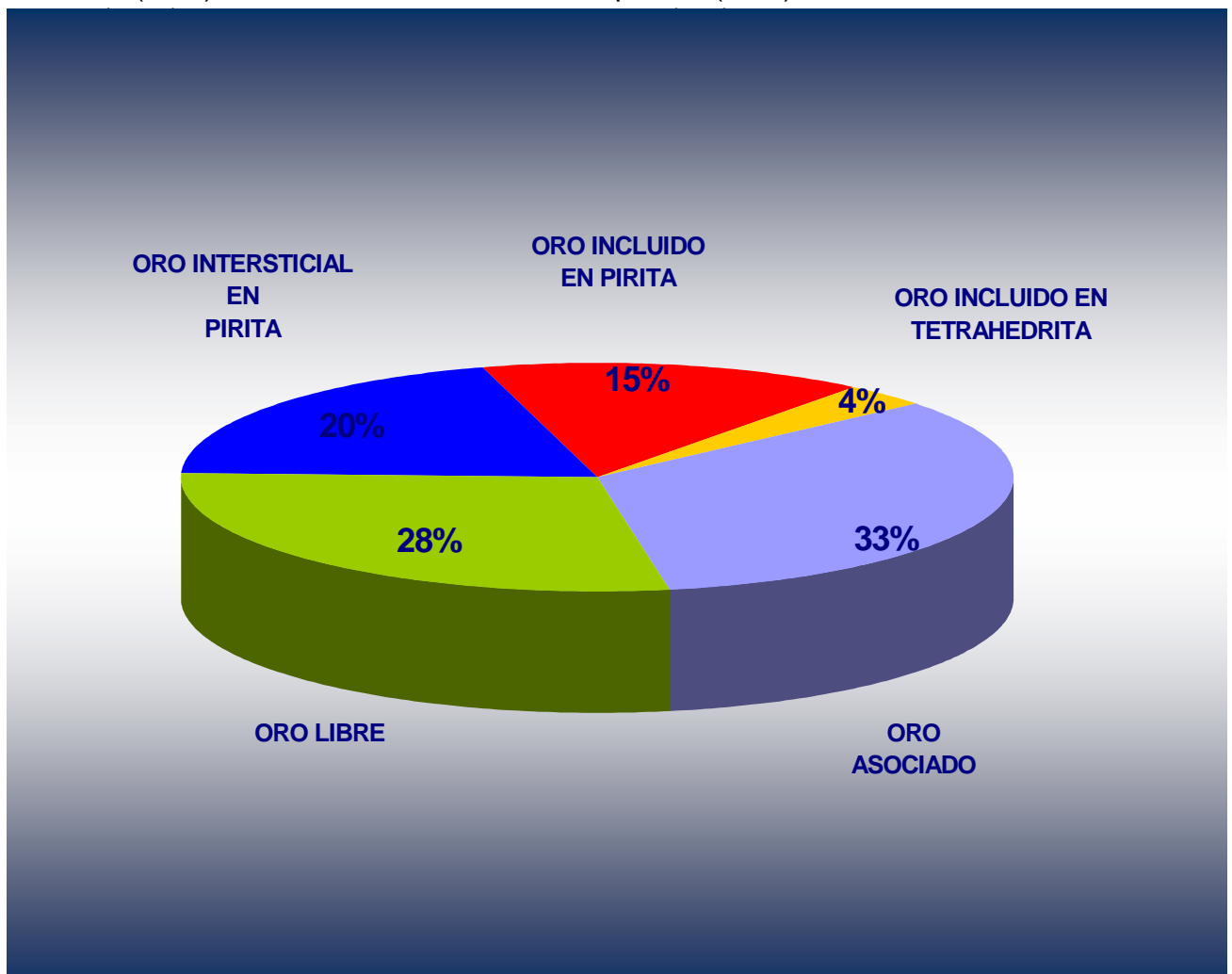


Con los datos obtenidos se pudo concluir que la pirita tiene un rango de tamaño de grano comprendido entre 0 y 25 micras casi de manera homogénea; para la tetrahedrita el tamaño de grano característico es inferior a una (1) μ al igual que para la digenita y el oro.

8. CARACTERÍSTICAS DEL ORO

8.1 OCURRENCIA DEL ORO

De las 47 secciones delgadas-pulidas en 13 se observaron cristales y agregados granulares de oro el cual ocurre así: Cristales y agregados granulares de oro en contacto neto con pirita y otros sulfuros (33%), cristales de oro libre asociados a la matriz (28%), cristales intersticiales a pirita (20%), cristales incluidos en



subredondeados en la matriz de cuarzo y sericita como oro libre. La ocurrencia de oro libre es muy frecuente en las menas tipo 1 (Ver figura 39, C y D)

- **Oro asociado a pirita:** Ocurre como cristales subhedrales a anhedrales con bordes redondeados y como pequeños agregados granulares en contacto neto con cristales y agregados granulares de pirita ocasionalmente asociados a digenita intersticial. Este tipo de oro se observó en menas tipo 1 y 2 (Ver figura 38, A y B).
- **Oro intersticial:** Son cristales anhedrales con bordes subredondeados intersticiales los cuales ocupan intersticios entre cristales de pirita ocasionalmente se asocia a agregados finos y granulares de tetrahedrita. Este tipo de oro se observó en menas tipo 1 y 2. (Ver figura 38, C)
- **Oro incluido en pirita:** Los cuales están como cristales euhedrales a subhedrales con bordes subredondeados incluidos en cristales de pirita. Este tipo de ocurrencia se observó en menas tipo 1 y 2 pero con una mayor frecuencia en las menas tipo 2. (Ver figura 38, D).
- **Oro incluido en tetrahedrita:** Se presenta como cristales euhedrales a anhedrales con bordes angulosos a irregulares incluidos en cristales de tetrahedrita asociados con digenita y teluros de plata. Este tipo de oro se observó en menas tipo 1 y 2 (Ver figura 39, A y B).

Figura 131. Ocurrencia del oro **A.** Cristales y agregados de oro (Au) en contacto neto con pirita (Py) asociados intersticialmente con digenita (Dy) la cual esta alterada a covelina (Co). **B.** Cristales de oro (Au) en contacto neto con pirita (Py). **C.** Cristales de oro (Au) intersticiales entre cristales de pirita (Py) asociados con agregados granulares de tetrahedrita (Thd). **D.** Cristal de oro (Au) incluido en un cristal de pirita (Py). Nícoles paralelos.

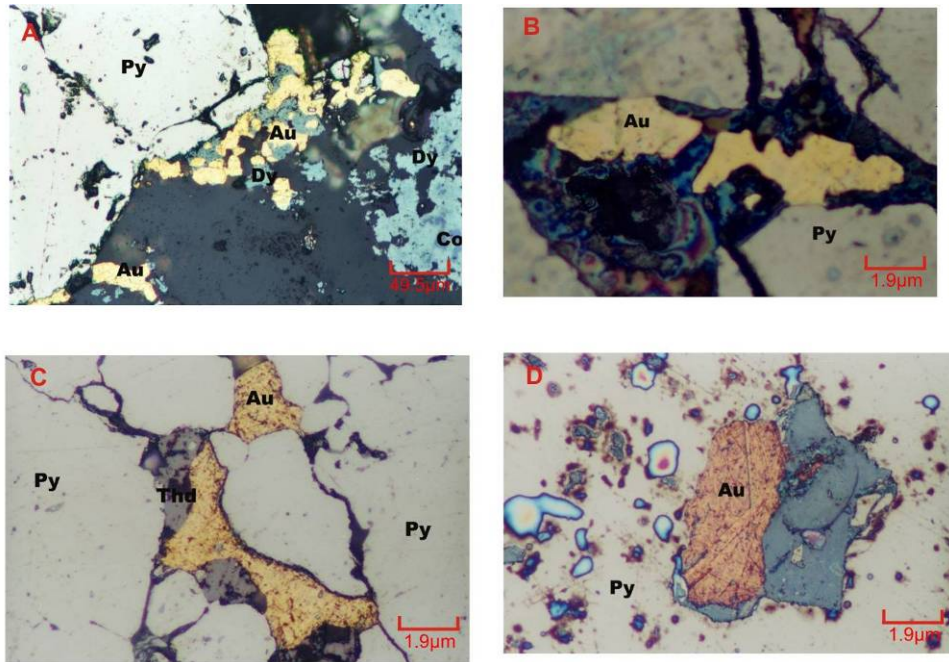
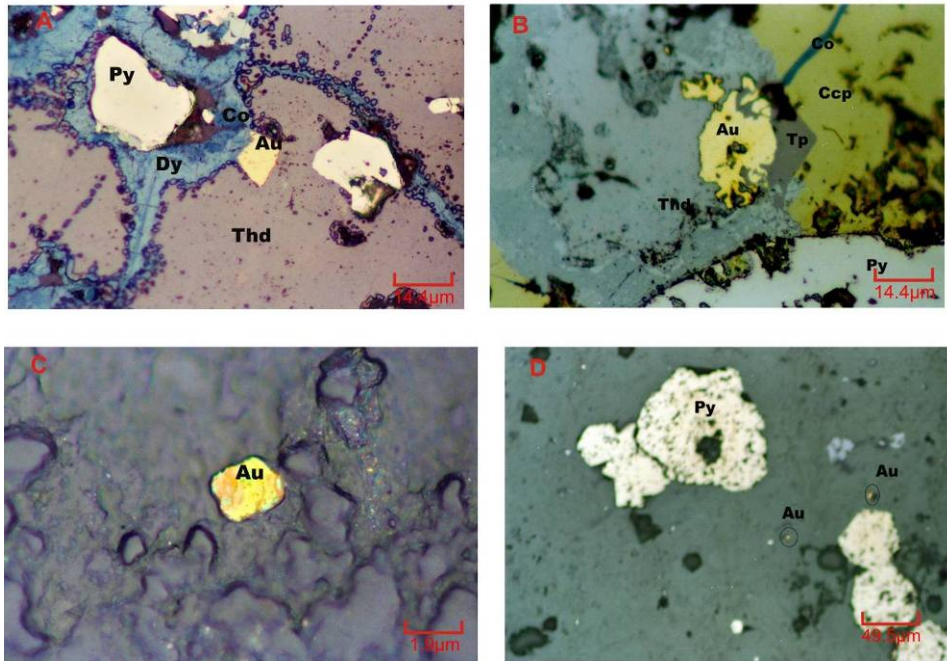


Figura 132. Microfotografías de la ocurrencia del oro. **A.** Cristal de oro (Au) incluido en tetrahedrita (Thd) asociado con digenita (Dy) la cual esta siendo alterada a covelina (Co). **B.** Cristal de oro (Au) incluido en tetrahedrita (Thd) asociado a un telurio de plata (Tp) el cual esta en contacto neto con calcopirita (Ccp). **C.** Cristal de oro (Au) libre. **D.** Dos cristales finos de oro (Au) en la matriz cuarzosa. Nicoles paralelos.



8.2 TEXTURA DEL ORO

8.2.1 Tamaño de grano

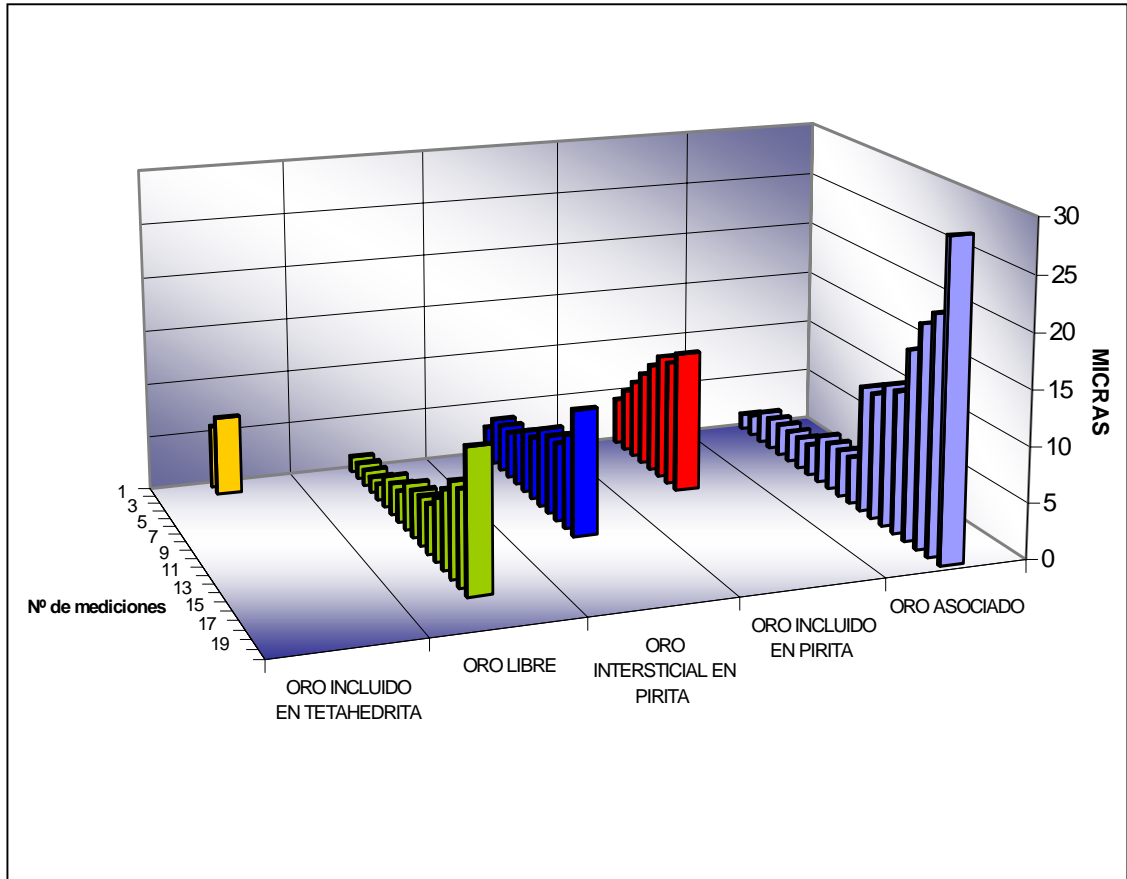
El tamaño de grano del oro se pudo determinar en 60 cristales. Los resultados de las mediciones se muestran en la figura 40, a partir de esta figura destacamos lo siguiente:

El oro de mayor tamaño es el asociado a pirita y otros sulfuros, el cual puede alcanzar las treinta micras (30μ).

El tamaño del oro libre, intersticial e incluido en pirita puede alcanzar las trece micras (13μ), mostrando un tamaño más constante en este último.

El oro mas fino de seis a ocho micras ($6-8 \mu$) es el que ocurre incluido en tetrahedrita, sin embargo es el tamaño de grano más frecuente. Los análisis por microscopia electrónica de barrido (SEM) indican la presencia de oro submicroscopico.

Figura 133. Distribución granulométrica del oro



8.2.2 Forma

La forma de los cristales de oro va desde euهدral hasta anهدral y formando pequeños agregados granulares como se describe:

- Cristales euهدrales: Ocurren en su mayoría cuando se encuentran asociados a la matriz como oro libre o cuando están incluidos en pirita y en uno de los dos cristales que se observaron incluidos en tetraهدrita, con bordes desde angulosos a redondeados.
- Cristales subهدrales: Se presentan principalmente en aquellos asociados a pirita en contacto neto e intersticialmente con digenita y en algunos cristales incluidos en pirita con bordes redondeados a subredondeados.

- Cristales anhedrales: Son comunes para el tipo intersticial, ya que adoptan la forma de los intersticios y también se presentan en algunos cristales asociados a la pirita en contacto neto desarrollando bordes redondeados.
- Agregados granulares finos: Ocurre cuando se encuentra asociado con pirita en contacto neto tomando formas alargadas asociados con digenita intersticial.

8.2.3 Relación del oro con otros minerales

- En el sistema de vetas NE se observo oro en las menas de tipo uno y dos, de forma libre, incluido en tetrahedrita, digenita y pirita y asociado en contacto neto con pirita, en tamaños comprendidos entre 1.5-30 μ , a profundidades que oscilan entre 2519 y 2996 m.s.n.m.
- En el sistema de vetas NW se observo oro en las menas de tipo uno y dos, de manera libre, incluido y asociado a pirita, en tamaños comprendidos entre los 1-14.4 μ , a profundidades que oscilan 2782-2890 m.s.n.m.
- En el sistema de vetas EW se observo oro en las menas de tipo uno y dos, en forma libre, asociado e intersticial a pirita y tetrahedrita. En tamaños comprendidos entre 0.06–13 μ a profundidades que oscilan entre 2749-3462 m.s.n.m.

8.3 COMPOSICION QUIMICA DEL ORO

El estudio de química mineral se centró en analizar los minerales de oro y plata en vetas con diferente orientación y según el modo de ocurrencia del oro.

Se seleccionaron las vetas: 7 y 15 (con dirección N-E); 29 (con dirección E-W) y 52 (con dirección N-W).

Para el estudio químico fueron seleccionadas las muestras: A004033 (veta 7), B026115 (veta 15), 35232 (veta 29) y la 39779 (veta 52). Las muestras corresponden al tipo de mena 2.

Los análisis de química mineral para definir la presencia oro y plata de tamaño submicroscopico y determinar la composición química del oro se realizaron mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) en el departamento de ciencia de la tierra y el océano, de la universidad de British Columbia en Vancouver- Canadá, de PetraSciense Consultants Inc. El informe incluye imágenes de electrones retrodispersados (BSE) y espectrogramas de dispersión de rayos X (EDS). Usando un microscopio Philips XL30.

8.3.1 Resultados

➤ Muestra A004033

El oro es de tipo electrum (Ag, Au) el cual se presenta como inclusiones o rellenando fracturas; plata tipo hessita (teluros de plata) incluida en pirita, sulfuros de hierro-cobre y enargita, además de finas inclusiones de teluros nativos.

Figura 134. Imágenes de electrones retrodispersados (BSE) de un grano y finos hilos de electrum (blanco) rellenando fracturas dentro de pirita.

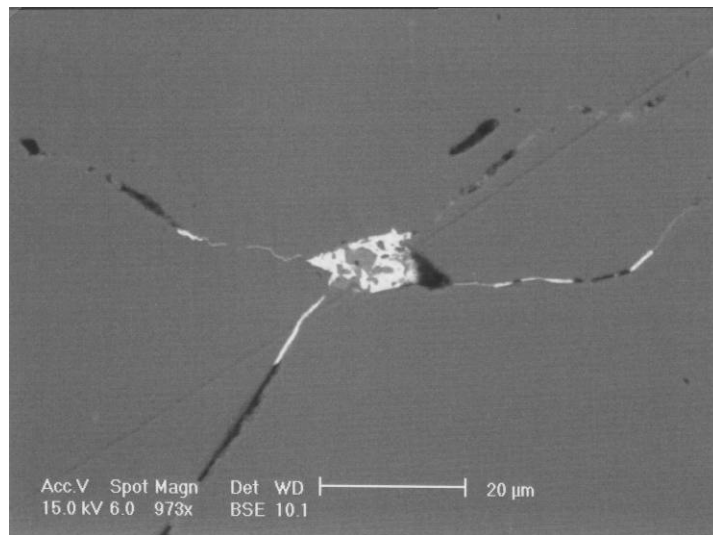


Figura 135. EDS del grano e hilos de electrum mostrado en la imagen 134 .

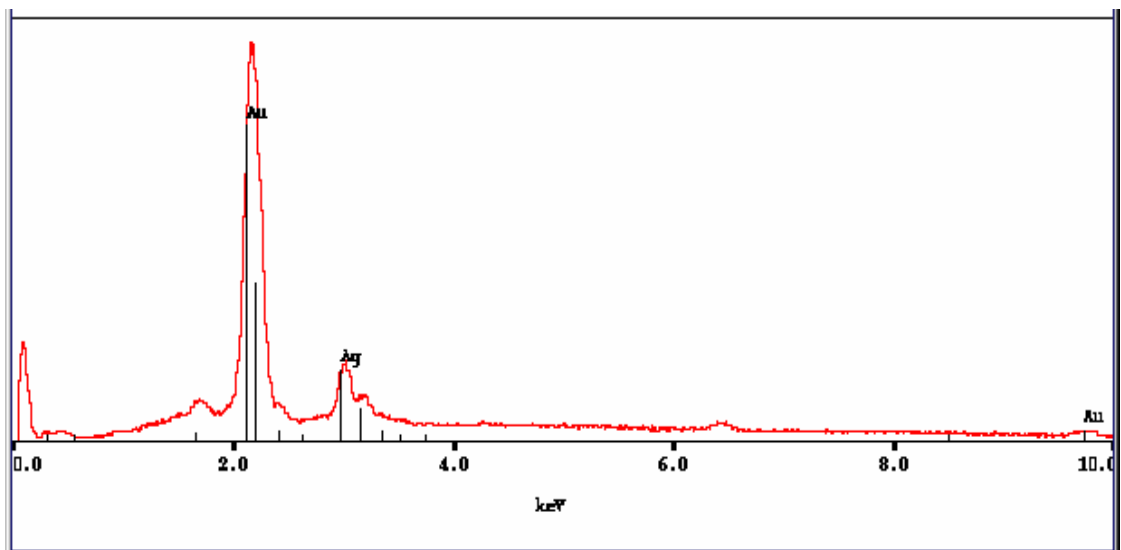


Figura 136. Imagen BSE de un grano de electrum (blanco, 2) dentro de hessita (gris claro, 3) el cual a su vez esta incluido en pirita.

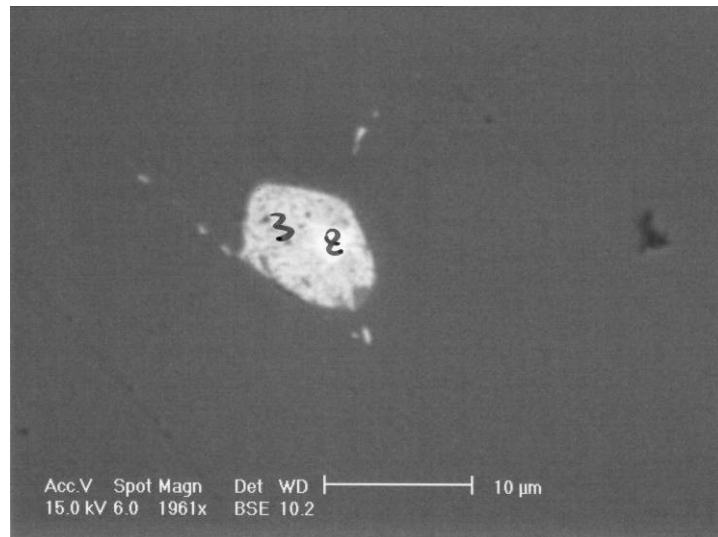
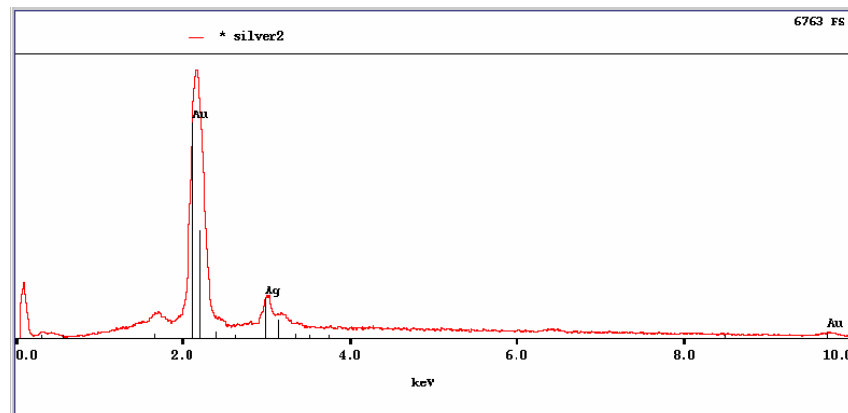
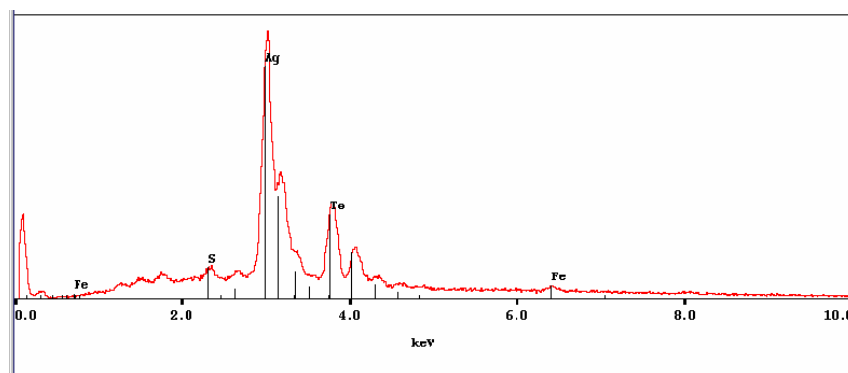


Figura 137. Imagen BSE. **A** del grano de electrum. **B** de la hessita mostrados en la figura 136.

A.



B



➤ **Muestra B26115**

El oro es tipo electrum (Ag, Au) y oro nativo (Au) incluido en pirita, además de finas inclusiones e hilos de bismutinita dentro de pirita.

Figura 138 Fotografía al microscopio óptico de luz reflejada oro nativo subhedral incluido en pirita.

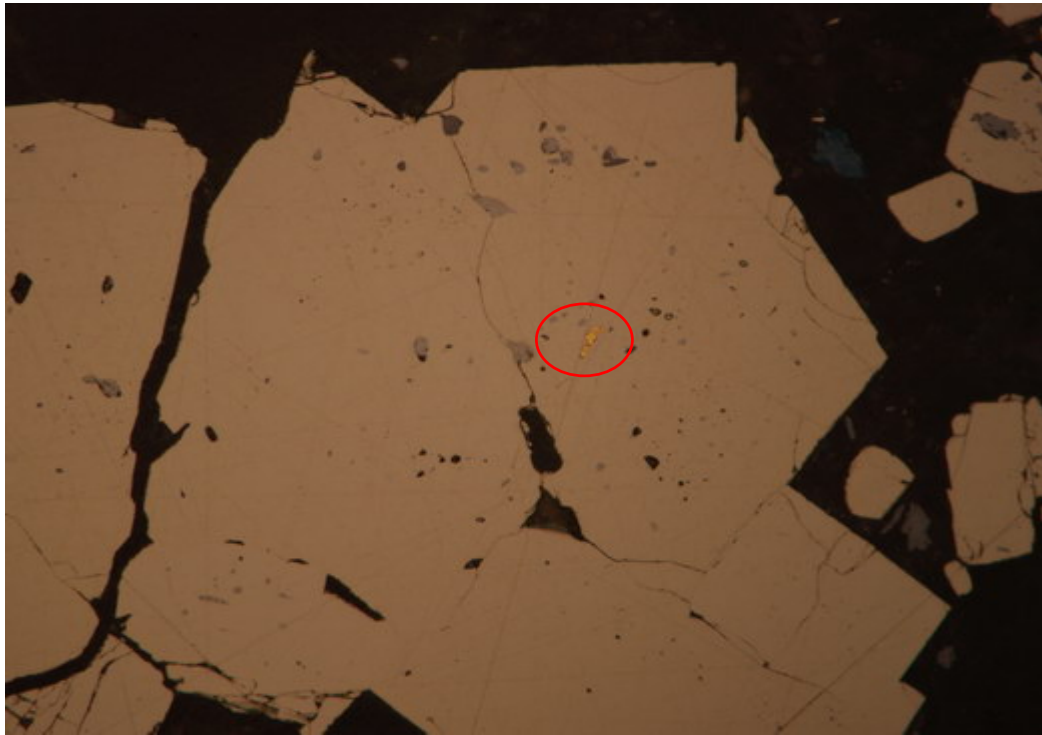


Figura 139. Imagen BSE del grano de oro nativo mostrado en la figura 138.

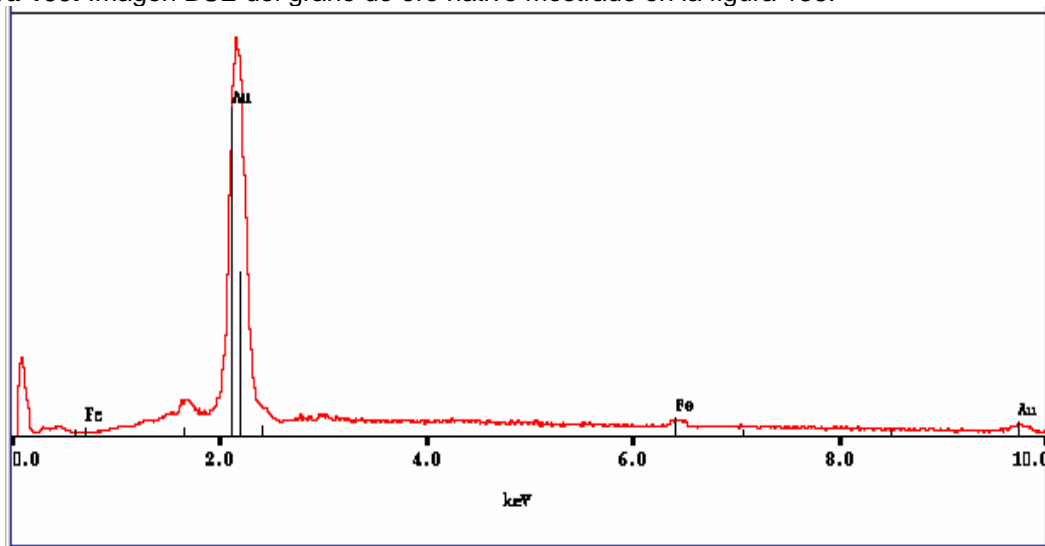


Figura 140. Fotografía al microscopio óptico de luz reflejada de un grano subhedral de electrum incluido en pirita

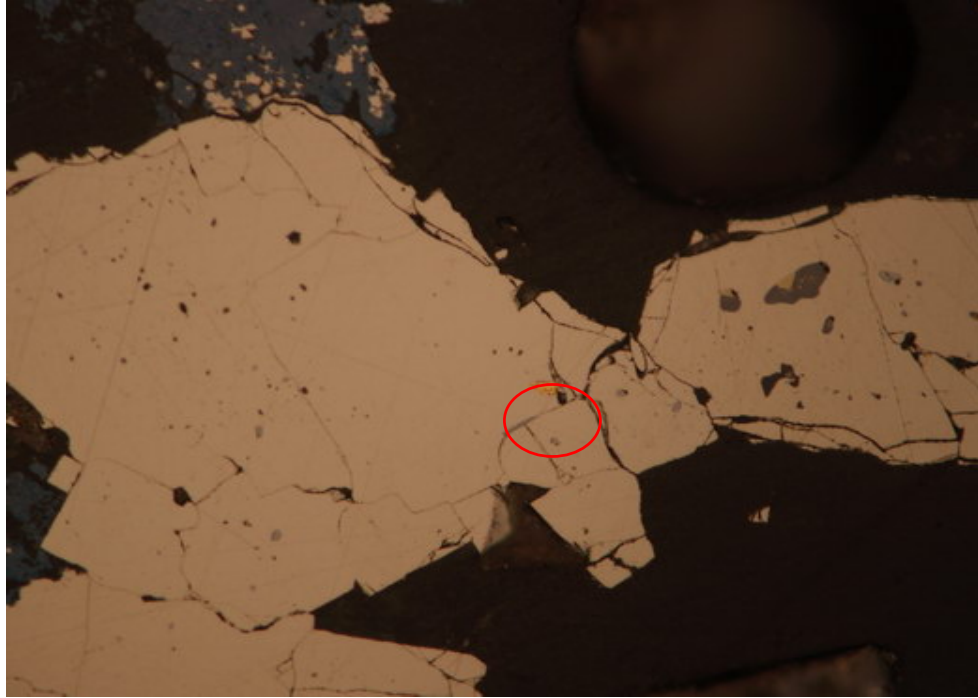
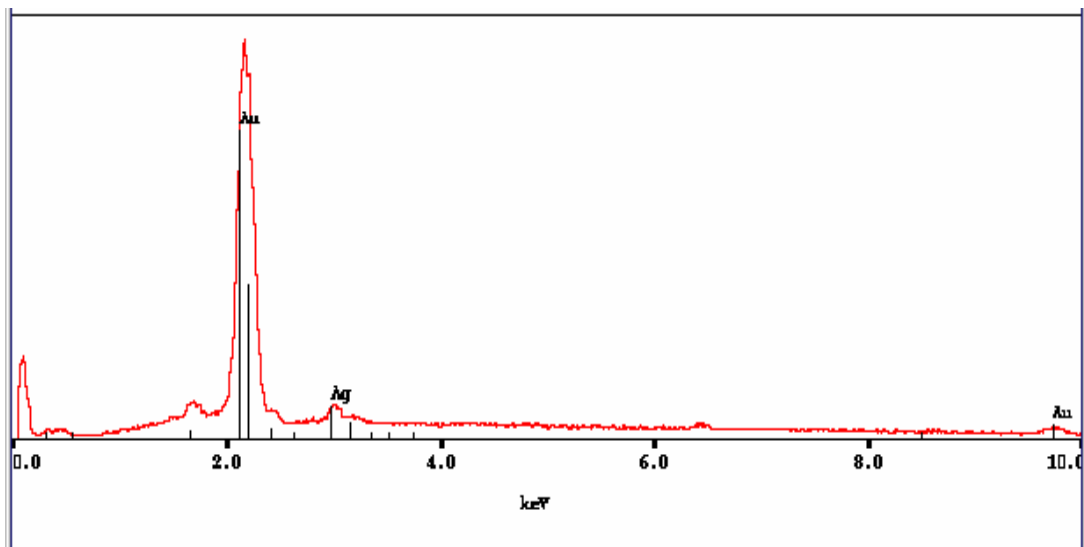


Figura 141. Imagen BSE del grano de electrum mostrado en la figura 140.



➤ **Muestra 35232**

El oro es de tipo electrum ocurriendo como granos anhedrales comúnmente rodeados por sulfuros de cobre; silvanita (Ag, Au, Te) como granos anhedrales de tamaño de grano menor a 50 micras asociados con calcopirita y sulfuros de cobre; hessita (Ag, Te) como finas inclusiones asociadas con calcopirita

Figura 142. . Imagen BSE mostrando dos granos subhedrales a anhedrales de electrum (1 y 2); un grano anhedral de silvanita (3) rodeados intersticialmente por un sulfuro de cobre posiblemente covelina (4) y en contacto neto con pirita.

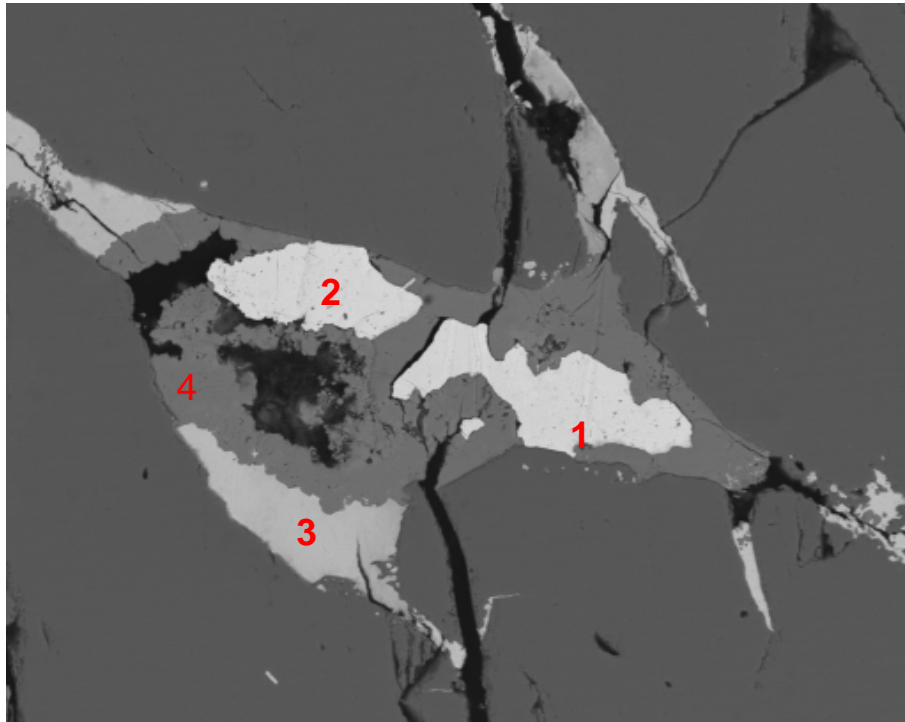


Figura 143. Imagen BSE de los granos subhedrales de electrum mostrados en la figura 142.

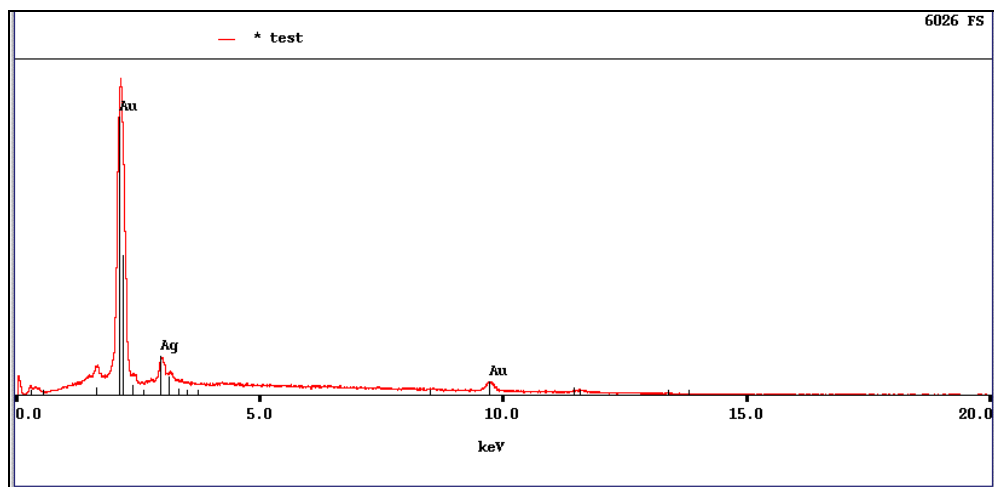


Figura 144. Imagen BSE del grano anhedral de silvanita mostrados en la figura 142.

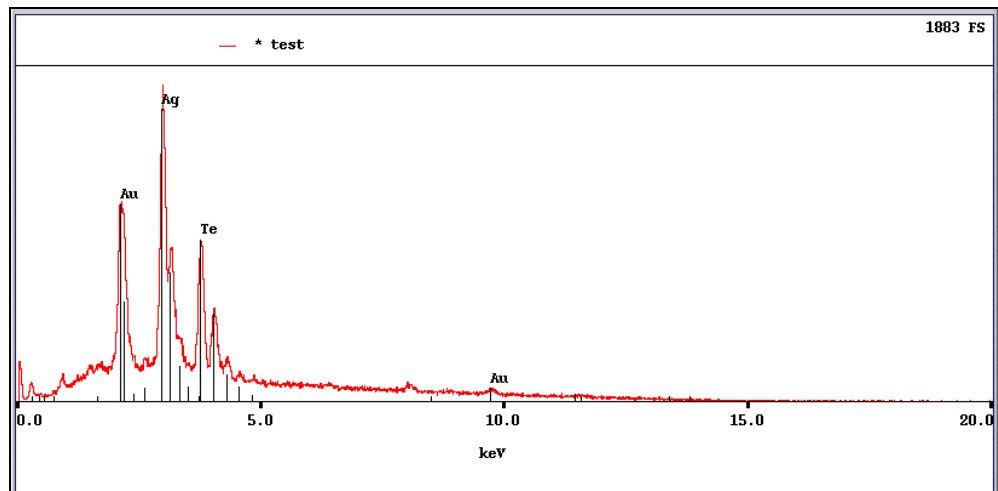


Figura 145 Escala. Imagen BSE mostrando un grano subhedral de silvanita (1); un grano anhedral de telurio nativo (2) asociado con calcopirita (3).

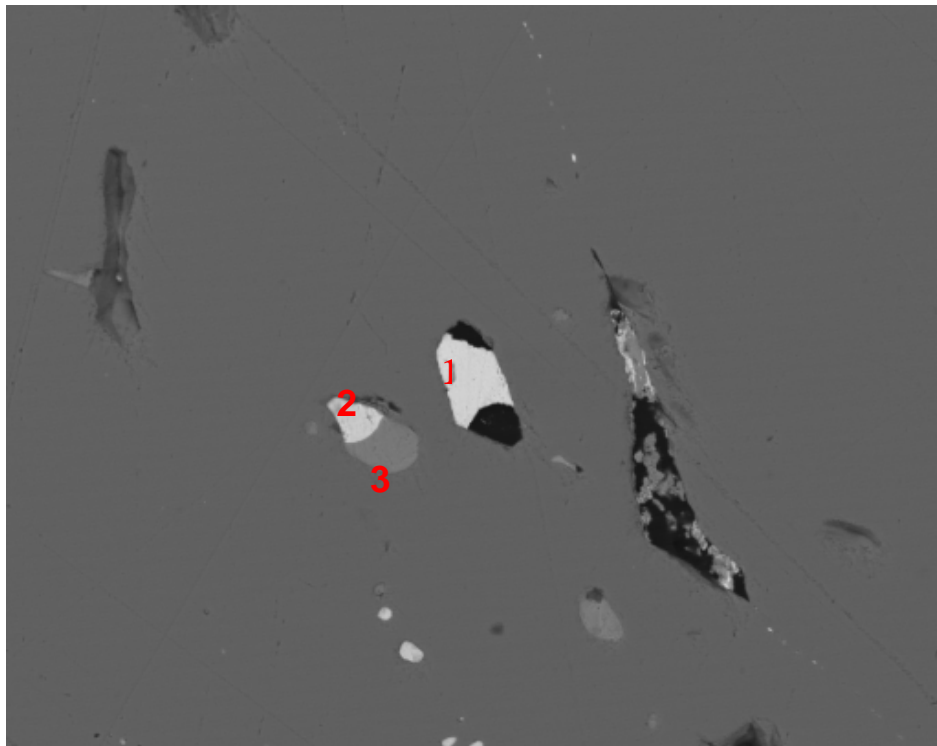
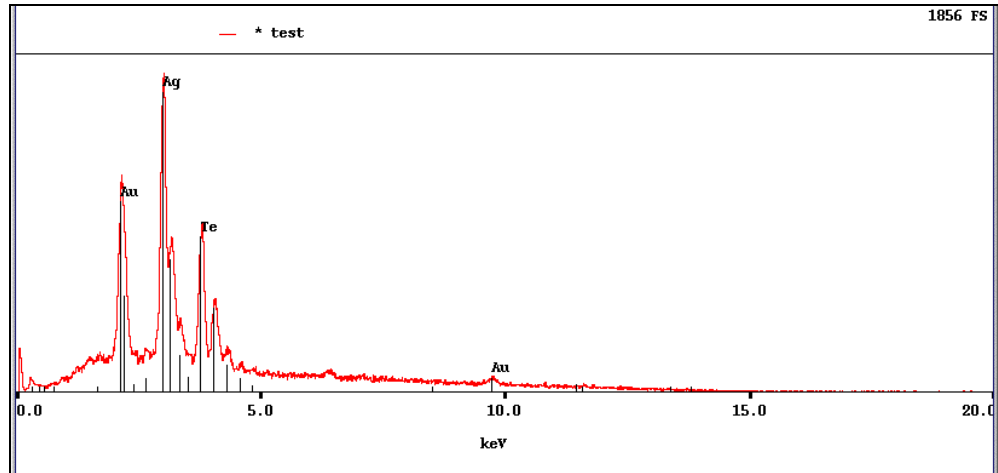


Figura 146. Imagen BSE del grano subhedral de silvanita mostrado en la figura 145.



➤ **Muestra 39779**

Se encontró oro en forma de electrum (Ag,Au) como granos subhedrales y flecos anhedrales e hilos que ocurren a lo largo de los bordes de los agregados granulares de pirita.

Figura 147. Imagen BSE mostrando la silvanita como un relleno de fractura (blanco).

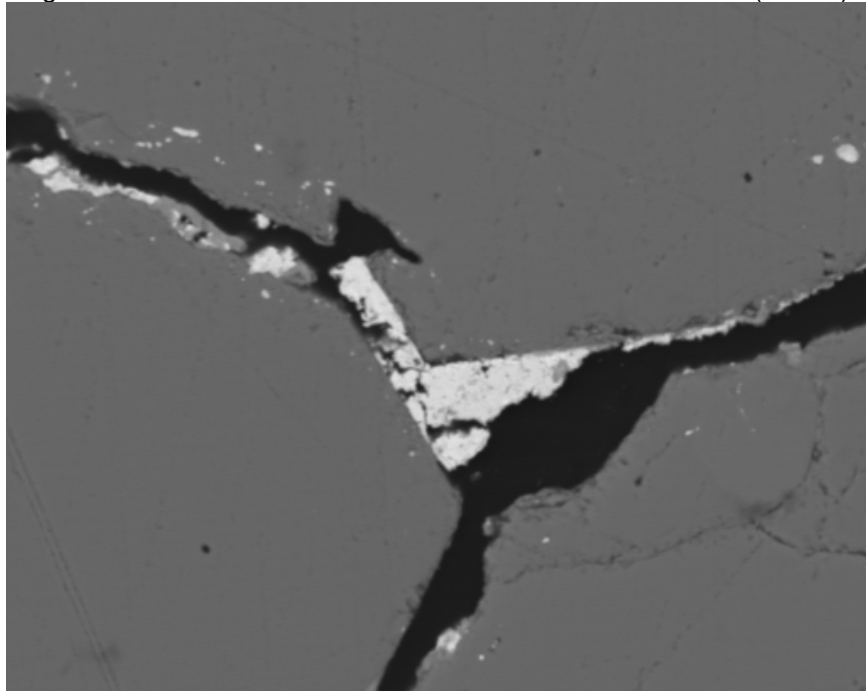


Figura 148. Imagen BSE de la silvanita mostrado en la figura 147.

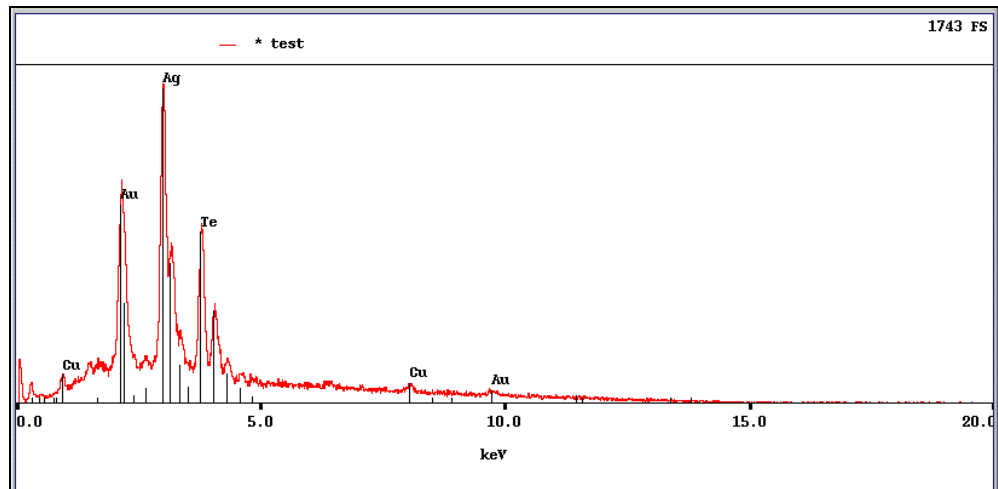


Figura 149. Imagen BSE mostrando granos subhedrales, flecos anhedrales e hilos que ocurren a lo largo de los bordes de los agregados granulares de pirita. (Blancos).

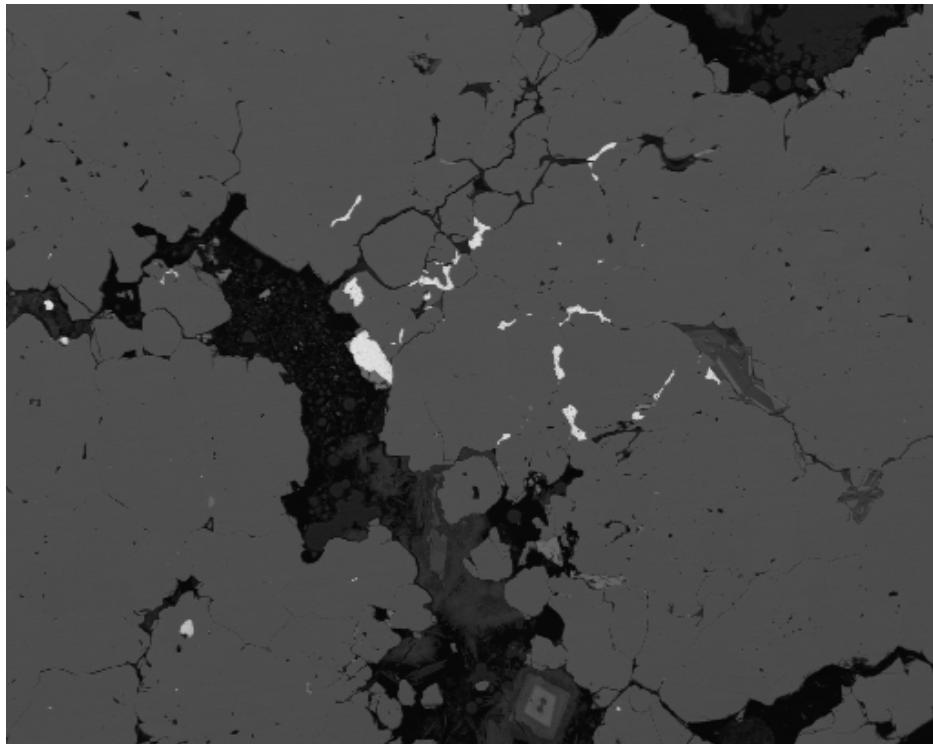
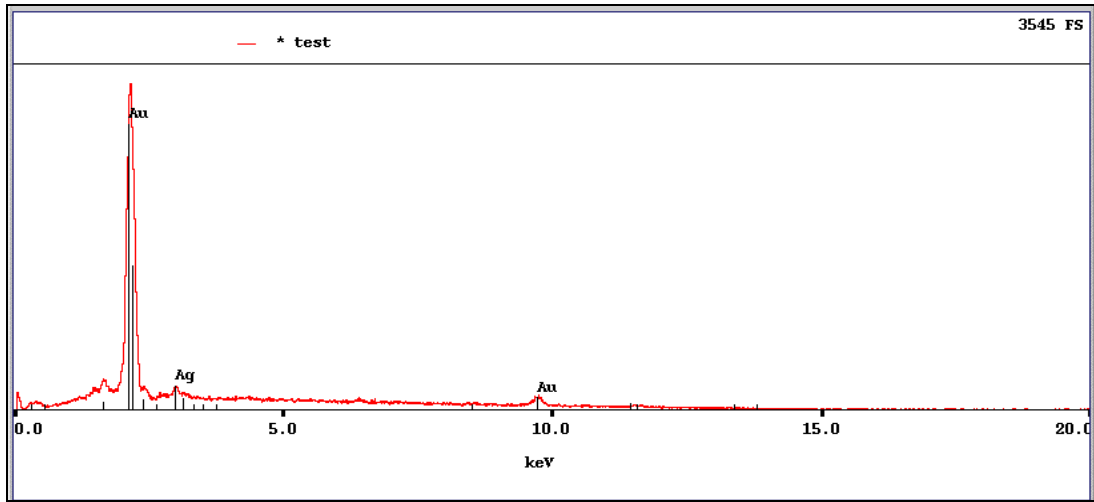


Figura 150. Imagen BSE del electrum mostrado en la figura 149.



Como se observó los minerales de oro y la plata reportados en los análisis químicos (SEM) de las muestras estudiadas fueron:

- ✓ Electrum (Ag, Au)
- ✓ Silvanita (Au, Ag, Te)
- ✓ Hessita (Ag, Te)
- ✓ Oro Nativo (Au (Cu))

Además de numerosas inclusiones de telurios nativos dentro de pirita, se confirmó la presencia de oro submicroscópico en el yacimiento Angostura, el cual se evidenciaba en los altos tenores reportados por ensayos al fuego de las muestras de estudio.

Las imágenes BSE permitieron determinar la manera de ocurrencia de los minerales de oro y plata dependiendo de su composición:

- Electrum: Finas inclusiones dentro de la pirita; rellenando fracturas; hilos y flecos anhedralos que ocurren a lo largo de los bordes de los agregados granulares de pirita; como granos subhedralos a anhedralos asociados intersticialmente con sulfuros de cobre-hierro y en contacto neto con pirita.
- Silvanita: Granos anhedralos asociados intersticialmente con calcopirita y otros sulfuros de cobre hierro y en contacto neto con pirita.; rellenando fracturas.
- Oro Nativo: Finos granos subhedralos subredondeados que ocurren incluidos en pirita.

- Hessita: Finas inclusiones de granos redondeados a anhedrales dentro de pirita y masas anhedrales rodeando la calcopirita.

9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La caracterización de las asociaciones mineralógicas de las menas auroargentíferas se realizó en las vetas 7, 10, 12, 15, 23, 29, 52, 554 y 650, las cuales se distribuyen en toda el área del yacimiento de una manera significativa y comprenden las tres direcciones principales de las estructuras mineralizadas (N-E, E-W y N-W), lo que significa que las características definidas en este estudio son representativas para toda el área del proyecto (figura 21).

La mineralización consta de oro (nativo, electrum, silvanita), plata (hessita), pirita como principal sulfuro de hierro; sulfuros de cobre y cobre-hierro como digenita, covelina, bornita, tetrahedrita, enargita, marcasita, arsenopirita, calcosina, pirrotina y bismutinita; óxidos como limonita, hematina, ilmenita y magnetita.

Las asociaciones mineralógicas del oro permitieron establecer cuatro tipos de mena: Mena tipo 1 formada principalmente por oro, plata, pirita, digenita y tetrahedrita; mena tipo 2 formada principalmente por oro, plata, pirita, calcopirita y en menores cantidades por digenita, tetrahedrita; mena tipo tres formada por oro, plata y pirita y menas tipo 4 formada por oro, plata, limonita, hematita, magnetita e ilmenita; Los tipos de mena 1, 3, 4 presentan una distribución aleatoria en el depósito, mientras que la mena tipo 2 predomina en la parte suroeste. A profundidad, las menas se distribuyen así: **tipo 2** se comprende entre 2500-2950 m.s.n.m, la **tipo 1** entre 2800-3000 m.s.n.m, la **tipo 3** entre 2900-3100 m.s.n.m, **tipo 4** desde 2900-3450 m.s.n.m. esta distribución no es tan clara, ya que los rangos de profundidad son muy limitados y a veces se superponen.

En lo concerniente a la ocurrencia del oro, en las menas tipo 1 y 2 este ocurre principalmente asociado a sulfuros y en menor proporción como oro libre, intersticial o incluido en pirita y tetrahedrita (figura 128). El oro en las menas tipo 3 y 4 es de carácter submicroscópico.

El tamaño del oro oscila entre 1.4 y 30 μ , predominando un tamaño entre 1.4 y 14 μ (Figura 131). Igualmente se determinó oro de tamaño submicroscópico mediante los análisis al SEM y determinaciones de tenores por ensayos al fuego.

La asociación del oro con otros minerales de la mena varía con la profundidad. En las menas menos profundas, el oro está asociado principalmente a óxidos (hematita, limonita, ilmenita y magnetita), a medida que aumenta la profundidad el oro se encuentra relacionado con sulfuros (digenita, calcopirita y tetrahedrita).

Las características de las menas auroargentíferas en el yacimiento Angostura permitieron definir y hasta cierto punto predecir el comportamiento de estas durante el procesamiento mineral. Esto sumado a la ausencia casi total del As como principal elemento cianicida define un beneficio con extracción de oro relativamente poco problemática. Sin embargo, debe monitorearse y controlarse la incidencia del oro submicroscópico, así como la presencia de minerales con algunos contenidos de cobre y sulfuros oxidados. Una característica favorable para el beneficio mineral es la ocurrencia de oro de manera libre, intersticial y asociado a sulfuros de cobre y cobre-hierro considerados como relativamente de fácil liberación a diferencia de características desfavorables como el oro que ocurre incluido en otros sulfuros y con un tamaño muy pequeño lo que lo hacen considerar de difícil recuperación, el cual a pesar de alcanzar tamaños hasta de 30 μ es más frecuente entre 3 y 8 μ y de carácter submicroscópico para lo cual se hace necesario un proceso de flotación seguido de una remolienda y lixiviación para su recuperación.

Entre los problemas a resolver, es importante realizar más adelante estudios geoquímicos de correlación para elementos como Au, Ag y Cu que pudiesen visualizar una zonación de tipo geoquímica de gran ayuda en las labores de exploración.

CONCLUSIONES

1. En el área del proyecto Angostura, afloran rocas metamórficas pertenecientes a la unidad Neis de Bucaramanga, que varía composicionalmente entre neis biotítico-hornblendítico, anfibolitas; en menor proporción neis cuarzo feldespático, migmatitas, y un dique de metagabro y tectonitas asociadas al trazo de fallas. Tres cuerpos de composición tonalítica con monzogranitos no cartografiables intruyen las rocas del Neis de Bucaramanga. La actividad hidrotermal generó aparte de la mineralización, venas de cuarzo distribuidas en la zona nor-este y sur-este. Las rocas del Neis de Bucaramanga han sufrido metamorfismo regional alcanzando la Zona de Sillimanita superior de la facie anfibolita con las paragénesis cuarzo + plagioclasa + feldespato potásico y cuarzo + plagioclasa + biotita + hornblenda.
2. El yacimiento Angostura es afectado de manera local por cuatro fallas principales entre las que se encuentran Romeral- Cucutilla y Angostura, de dirección nor-este, Páez y Pozo de dirección nor-oeste, lo cual lo enmarca dentro de un bloque, que ha sido afectado por esfuerzos tanto compresivos como distensivos generando una serie de tectonitas en zonas de influencia de las fallas y una porosidad secundaria en la roca, la cual facilita la filtración de fluidos mineralizantes a la roca caja.
3. La mineralización consiste en un sistema de bloques tabulares llamados vetas que agrupan diferentes estructuras mineralizadas que conservan características espaciales similares. Estos ocurren como filones de cuarzo, sericita, y arcillas con sulfuros (de cobre y cobre-hierro) y óxidos. Se encuentran distribuidos en toda el área del proyecto presentando la mineralización de manera disseminada y en forma de bandas, venas, venillas, hilos.
4. Los minerales de la mena son: Oro (nativo, electrum, silvanita), plata (Hessita), pirita, tetrahedrita, calcopirita, digenita, enargita, marcasita, covelina, bornita, calcosina, pirrotina, bismutinita, hematita, ilmenita, limonita, magnetita, correspondiendo a un 31 % con respecto a un 69% de ganga compuesta por cuarzo, sericita y arcillas principalmente y en menores cantidades feldespato potásico, moscovita, biotita, hornblenda, epidota, zircones, apatito y clorita.

5. La relación mena – ganga es de 3/7 manteniéndose homogénea para todo el depósito
6. La alteración en el depósito corresponde a una silicificación desde baja a alta, una sericitización baja a moderada, argilización baja a moderada y una hematización y epidotización baja.
7. La caracterización mineralógica y petrográfica de la mineralización permitió diferenciar cuatro tipos de menas (1,2,3,4).
 - a. El **tipo de mena uno (1)** constituye un **23.8%** de las menas estudiadas. Se distribuye entre 2800-3000 m.s.n.m. Para este tipo se reportan tenores de oro entre (5-35 g/t), plata (20-150 g/t) y cobre (0-0.5 %).
 - b. El **tipo de mena dos (2)** esta presente en el **43.5%** de las menas estudiadas. . Se distribuye entre 2500-2950 m.s.n.m, siendo la mena que se encuentra mayor profundidad. Reporta tenores de oro entre (5-140 g/t), plata (5 -170 g/t) y cobre (0-2.5%).
 - c. El **tipo de mena tres (3)** característica del **26.08%** de las menas estudiadas. Se distribuye entre 2900 -3100 m.s.n.m en la parte media-alta. Reporta tenores de oro entre (5 -35 g/t), plata (20 -250 g/t) y cobre (0 -1.5 %).
 - d. El **tipo de mena cuatro (4)** constituye el **8.69%** de las menas estudiadas. Se distribuye entre 2900-3450 m.s.n.m, siendo la mas superficial. Reporta tenores de oro entre (10-40 g/t), plata (0-280 g/t) y cobre(0-0.1%).
8. El oro en el depósito Angostura ocurre como oro nativo (Au), electrum (Au-Ag), silvanita (Au-Ag-Te), plata tipo hessita (Ag-Te). Este se presenta asociado a sulfuros (digenita, tetrahedrita, pirita, telurios de plata), libre, intersticial a pirita e incluido en pirita y tetrahedrita. El tamaño del oro varia entre 1.4 a 30 μ , y tambien ocurre con carácter submicroscópico.
9. En las menas auroargentíferas se determinaron las siguientes paragénesis:

Tipo de mena uno (1):

- i. **Paragénesis 1:** Oro + plata + pirita + tetrahedrita \pm telurio \pm marcasita.
- ii. **Paragénesis 2:** Oro + plata \pm tetrahedrita \pm digenita.

Tipo de mena dos (2):

- iii. **Paragénesis 1:** Oro + plata + pirita + calcopirita ± tetraedrita ± arsenopirita ± bornita.
- iv. **Paragénesis 2:** Oro + plata + pirita + calcopirita ± digenita ± tetraedrita ± enargita.

Tipo de mena tres (3):

- v. **Paragénesis 1:** Oro + plata + pirita.
- vi. **Paragénesis 2:** Tetraedrita.

Tipo de mena cuatro (4):

- vii. **Paragénesis 1:** pirita + calcopirita.
- viii. **Paragénesis 2:** Limonita ± ilmenita ± magnetita.

10. El análisis textural de las menas permitió determinar el tamaño de grano de los sulfuros principales presentes en las menas con valores entre 1 a 200 micras predominando el rango entre 1 a 25 micras

RECOMENDACIONES

1. Realizar un estudio detallado de química mineral en las menas del depósito para establecer la composición química de los metales preciosos (Au, Ag) y los sulfuros asociados lo cual será de gran utilidad para conocer las condiciones de formación del yacimiento y predecir mejor el comportamiento de las menas durante el beneficio mineral.
2. Realizar estudios usando técnicas analíticas como isótopos estables y radiométricos y de inclusiones fluidas para conocer las condiciones de formación (temperatura, presión, régimen fluidal) del depósito.
3. La información generada durante la presente investigación debe enfocarse mas adelante a caracterizar la mena para los procesos de beneficio, utilizando la mineralogía de procesos.
4. Estudiar los diferentes tipos de alteración para conocer sus características químicas, su distribución y relación con la mineralización en el depósito.
5. Analizar e interpretar el modelo del yacimiento usando datos complementarios para definir su relación con otros tipos de depósitos como por ejemplo los porfidos cupríferos.

BIBLIOGRAFIA

- Aceros, C y Castellanos, A. (1993). Estudio geológico y metalogénico de la mina Barbacoa, Municipio de California-Santander. Tesis de grado (Geólogo). Universidad Industrial de Santander. UIS. Escuela de Geología. Bucaramanga.
- Díaz, J y Orozco, J. (1993). Geología detallada y prospección minera del cerro Morro Rueda en la región de Vetas-Santander. Tesis de grado (Geólogo). Universidad Industrial de Santander. UIS. Escuela de Geología. Bucaramanga.
- Felder, F. et al. (2000). Angostura Project, A High Sulphidation Gold Silver Deposit located in the Santander Complex of North Eastern Colombia. Paper presented at Simposio de Oro, Lima, Perú.
- Gallardo, S y Vargas, J. (1993). Geología y geoquímica de los yacimientos filonianos de oro. Mina San Cayetano. Municipio de California-Santander. Tesis de grado (Geólogo). Universidad Industrial de Santander. U IS. Escuela de Geología. Bucaramanga.
- García, C.A., y Uribe, E. (2003). Los Delirios: Un yacimiento hidrotermal de oro y plata en la región de Vetas, Santander (Colombia). Boletín de geología. Vol. 25, No. 40. pp. 91-103.
- Greystar Resources. (2005). Technical Report for the Angostura Project, Santander Province, Colombia. www.greystarresources.com.
- González, L y Rodríguez, R. (2003). Caracterización geológica, mineralógica y química de las menas auroargentíferas para el mejoramiento del proceso de beneficio en la mina Reina de Oro, Municipio de Vetas-Santander. Tesis de grado (Geólogo). Universidad Industrial de Santander. UIS. Escuela de Geología. Bucaramanga.
- Horner J. (2005). Final report "Structural geology and tectonics of the Angostura Project area". Ic consulente. pp 32.
- Herb, L. et al. (2000). The gold mineralization of Bucaramanga, Colombia- Implications to ore recovery. Applied mineralogy, volume 1. pp. 345-348.
- Martínez, E. (1991). Geología y evaluación de la mina La Bodega, Municipio de California-Santander. Tesis de grado (Geólogo). Universidad Industrial de Santander. UIS. Escuela de Geología. Bucaramanga.

Mathur et, al.(2002). Re-Os Isotopes applied to the epithermal gold deposits near Bucaramanga, northeaster Colombia. Journal of South American Earth Science, No. 15. pp 3-52

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

MINERCOL Ltda-Gobernación de Santander. (2002). Adecuación de áreas de pequeña minería aurífera para integración del distrito minero Vetas-California, municipio de California, area 1.

Polonia, J.(1982) Mineralizaciones de uranio y otros metales en California, (Santander del Sur). Geología Norandina, No. 6. pp. 57-65.

Shaw,R.(2000) Gold mineralization in the Northern Andes: Magmatic VS Metallogeny. XI International Mining Congress, Bogotá, Colombia.

Ward, D. et al. (1973). Geología de los cuadrángulos H12 Bucaramanga y H13 Pamplona, Departamentos de Norte de Santander y Santander. U.S. Geological survey, Ingeominas. Boletín geológico, vol. 21, No. 1-3.