ANÁLISIS DEL CONTROL ESTRUCTURAL Y PARAGÉNESIS DEL SISTEMA DE VETILLAS DEL PÓRFIDO DE COBRE DE MIRADOR

Learning and Differentiation Shapes and Textures of Objects by Nectar Bat Party (Phyllostomidae: Anoura)

Rojas Rodríguez Allan [1], Víctor Narváez [2]

Recibido el 15 de agosto de 2010; recibido en forma revisada 23 de octubre 2010, aceptado 13 de noviembre 2010

Resumen

El proyecto Mirador es un depósito porfídico de cobre, de baja a intermedia sulfuración, que se ubica en el flanco occidental de la Cordillera del Cóndor, parroquia Tundayme, cantón El Pangui, en la provincia de Zamora Chinchipe, aproximadamente a 8km en línea recta de la frontera con el Perú, en el sureste del país.

Se hizo uso también de técnicas de toma de datos estructurales como fallas, fractruras y otras discontinuidades, con las que se obtuvieron las medidas angulares de las vetillas, con instrumentos de fácil manejo, de igual manera se usaron programas específicos para el manejo y procesamiento de la información y para la generación de gráficos estructurales.

Las vetillas muestran rumbos e inclinaciones dispuestas de manera muy variada, sin embargo las distintas paragénesis poseen preferencias de rumbo entre eventos, asociados a controles tectónicos regionales que influenciaron a las estructuras durante su emplazamiento; luego de un análisis y una síntesis se obtuvieron (5) cinco tendencias preferenciales, donde, tres (3) de estas, han sido asociadas a controles estructurales regionales que atraviesan la zona de Zamora, éstas se dan en sentidos N - S, E –W y NE - SW; y tendencias en sentido WNW - ESE y NNW – SSE.

Palabras Clave: Aprendizaje asociativo, ley del efecto, búsqueda de objetos, concepto de formas, curiosidad.

Abstract

The Mirador project is a porphyry copper deposit , low to intermediate sulphidation , located on the western flank of the Cordillera del Condor, parish Tundayme , The Pangui canton in the province of Zamora Chinchipe , approximately 8km in a straight line the border with Peru , in the southeast of the country.

It also made use of data collection techniques as structural faults and other discontinuities fractruras with those obtained angular measurements of the veinlets , with user-friendly tools , just as specific programs were used for handling and processing for information and structural graphics generation .

The show directions and inclinations veinlets arranged so varied, yet have different preferences paragenesis course between events associated with regional tectonic controls influenced during their emplacement structures , after an analysis and synthesis were obtained (5) preferential five trends where three (3) of these have been associated with regional structural controls that cross the Zamora , these senses are given in N - S , E - W and NE - SW , and trends in NW direction - ESE and NNW - SSE.

Key words: Associative learning, Law of effect, hidden object, Concept forms curiosity.

[1] Egresado de la Carrera de Ingeniería Geológica, Tesis de grado – Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales – sede Mapasingue.

[2] Máster en Geología Aplicada y en Impactos Ambientales, Ingeniero Geólogo, Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales – sede Mapasingue. Director del Museo, cátedras de Geología General, Yacimientos Minerales, Geología de Minas, Microscopia de menas, Formulación de Proyectos, Minería y Ambiente.

1. Introducción

El presente estudio concreta la determinación de la asociación mineralógica, secuencia de cristalización y las tendencias preferenciales del sistema de vetillas del depósito de Mirador, que surgió por la realización de perforaciones de pozos orientados, como parte de un programa de exploración avanzada en el mencionado proyecto, lo que permitió caracterizar las fases evolutivas y conocer las direcciones preferenciales en que se extendió su mineralización. Este tema de investigación es un aporte al conocimiento geológico-genético de los depósitos de pórfido cupríferos de la faja andina, y en nuestro país constituye el primer estudio de vetillas en este tipo de ambiente y contribuye a mejorar la información sobre aspectos tectónicos del sector.

Ubicación y acceso

El área de estudio del pórfido cuprífero Mirador, se ubica en el flanco occidental de la Cordillera del Cóndor, al suroriente del país, en la parroquia Tundayme, cantón el Pangui, provincia de Zamora Chinchipe, cercano a la provincia de Morona Santiago y a 8 km en línea recta hacia la frontera con Perú. El proyecto Mirador se encuentra aproximadamente a 380 km al sureste de la capital Quito, 70 km este-sureste de Cuenca y a 170 km de Machala, puerto marítimo del Pacífico; todas las distancias en línea recta.

Hidrología

Los drenajes del área de estudio son los ríos Wawayme y Tundayme, afluentes del río Quimi, éste a su vez es tributario del río Zamora. Regionalmente los drenajes principales son el río Zamora y el Nangaritza, que se extienden en dirección S-N.

Orografía, clima y vegetación

El área de estudio se localiza en las estribaciones occidentales de la Cordillera del Cóndor, con un rango de elevación entre los 900 y 1800 metros sobre el nivel del mar.

De acuerdo al sistema de zonas de vida, esta área se encuentran entre las zonas de vida Bosque muy Húmedo Tropical (BHT) y Bosque Húmedo Pre-Montano (BHP) (Cañadas, 1983). El clima se caracteriza por su elevada humedad y en las partes altas predomina el clima pluvial y semicálido, con precipitaciones anuales entre 2.000 a 3.000 mm. y con temperaturas que oscilan entre 15 y 20º C.

La riqueza vegetal en la zona de la mina se la clasificó como bosque secundario en regeneración, se catalogaron 67 especies, las más abundantes y mas importantes son; Chrysophyllum sanguinolentum 7,5%, Dacryodes urutus-kunchae 6,3%, Graffenrieda emarginata 6,3%, Weinmannia aff. balbisiana 4%, Dystovomita sp. 2,8%, las demás especies presentan un porcentaje menor a 2,8%. (SIMBIOE, 2009)

Objetivo general

1. Establecer las paragénesis de los varios tipos de vetillas encontrados en el depósito de cobre de Mirador, e interpretar sus controles estructurales, basado en observaciones, mediciones y análisis de núcleos de perforaciones orientadas.

Objetivos específicos

1. Identificar e interpretar los diferentes tipos de vetillas en el depósito cuprífero de Mirador.
2. Elaborar y analizar laminas delgadas y secciones pulidas, de las vetillas representativas del depósito cuprífero mirador.
3. Definir y clasificar los diferentes tipos de vetillas encontradas en los testigos orientados y la secuencia de los eventos en base al estudio microscópico.
4. Obtener datos de orientación de las vetillas existentes en el depósito cuprífero Mirador a partir de núcleos de perforación orientados.
5. Elaborar gráficos estructurales, en base a la información adquirida de los núcleos orientados del depósito.
6. Procesar la información y obtener las tendencias del sistema de vetillas.

2. Materiales y Métodos

Para el desarrollo del estudio se realizaron actividades de observación y análisis de núcleos de perforación almacenados en el galpón de logueo del campamento Mirador, así como en los laboratorios de la Universidad de Guayaquil y trabajos de oficina adicionalmente.
La metodología utilizada para el estudio fue dividida en tres fases, a saber:

Metodología de las observaciones macroscópicas

Se obtuvieron datos de 13 pozos de perforación orientados (respecto al norte geográfico), ubicados en zonas periféricas del sistema, donde aflora principalmente roca de caja, estos pozos equivalen a 4692m, de los que:
Se realizaron observaciones mineralógicas, con lupa, de las vetillas, lo que nos permitió conocer sus asociaciones mineralógicas y sus relaciones de corte, mediante sus planos intersecados y que fueron respectivamente registrados, con un total de 823 vetillas estudiadas.
Para el análisis de las estructuras, previamente se realizaron toma de datos angulares de las estructuras mineralizadas, con un total de 614 vetillas estudiadas.
Para éste estudio se hizo uso de la técnica aplicada para análisis de estructuras como fallas o fracturas también se utilizó instrumentación para orientar los núcleos y tomar datos estructurales, siendo éstas un REFLEX ACT, cuya función es detectar el norte geográfico, mediante la medición del campo gravitacional de la tierra, tomando lecturas cada minuto, luego de ser introducido, junto al tubo interior (enroscado encima de éste), en el pozo. Luego de obtener el testigo y una línea de orientación en los testigos, las medidas de los ángulos de las estructuras pueden ser tomadas, con la ayuda de una cinta, que su longitud va de acuerdo al diámetro del testigo, expresada en grados (0 a 360), para obtener dirección de inclinación, y con un goniómetro, expresada en grados (0 a 90), para obtener buzamiento. Estos ángulos, fueron ingresados en una hoja de Microsoft Excel, donde fueron combinados con fórmulas Trigonométricas para determinar las orientaciones reales; con ellas y el Stereonet 2.46, se obtuvieron gráficos estructurales (Diagrama de Rosa, Diagrama de coordenadas polares), para su mejor representación.
Se realizaron también descripciones de las estructuras mediante observaciones con lupa de 14x, identificándolas y clasificándolas por tipos, y estableciendo la secuencia de los eventos, por medio de sus planos intersecados.

Método de Orientación de Estructuras

Tres métodos han sido desarrollados para determinación de la verdadera orientación de las fracturas, a partir de orientaciones aparentes observadas de fracturas en núcleos de roca de perforación con diamantina, estos métodos son basados en: Proyección estereográfica, Trigonometría esférica, Análisis geométrico. También se seleccionaron 15 muestras de los núcleos estudiados.

Para elaboración de láminas delgadas, 5 de éstas, se utilizaron para elaborar secciones pulidas, y corroborar con la información obtenida durante el mapeo de los testigos.

Metodología de las observaciones microscópicas

Se realizó el análisis de láminas delgadas y de secciones pulidas de muestras con estructuras mineralizadas bajo microscopio, de luz transmitida y luz reflejada, con un total de 10 láminas delgadas y 4 secciones pulidas, de las que se obtuvieron sus respaldos fotográficos, que fueron tomadas en nícoles cruzados Ns(x), nícoles paralelos Ns(ll) y luz reflejada, en los laboratorios de la Universidad de Guayaquil.
Para cada muestra se detalló información como: ubicación del pozo, profundidad a la que pertenece, tipo de roca, alteración de la roca, tipos de vetillas, minerales de ganga, minerales de alteración y minerales metálicos, únicamente de lo que es observable en la foto respectiva; como última parte, una descripción de la imagen (bajo microscopio), que facilita la interpretación de éstas. Adicionalmente la foto de la muestra de

mano, para un mejor reconocimiento de lo observado bajo microscopio.

Metodología del trabajo de oficina

Se obtuvieron las orientaciones reales, acimutales y de inclinación, con los datos obtenidos de las estructuras, con la utilización de programas específicos.

También se obtuvieron gráficos estructurales, de las tendencias preferenciales del sistema de vetillas con el soporte de los softwares Stereonet y Autocad.

Análisis Estructural Local del sistema de vetillas de Mirador

El análisis estructural realizado, ha sido enfocado al sistema de vetillas del depósito, el que nos permite postular cuales fueron las influencias geo-tectónicas locales que lo dominaron durante su evolución.

Cabe mencionar que en los pozos del área de estudio, hubieron zonas muy fracturadas y zonas de diques, donde no fue posible obtener información.

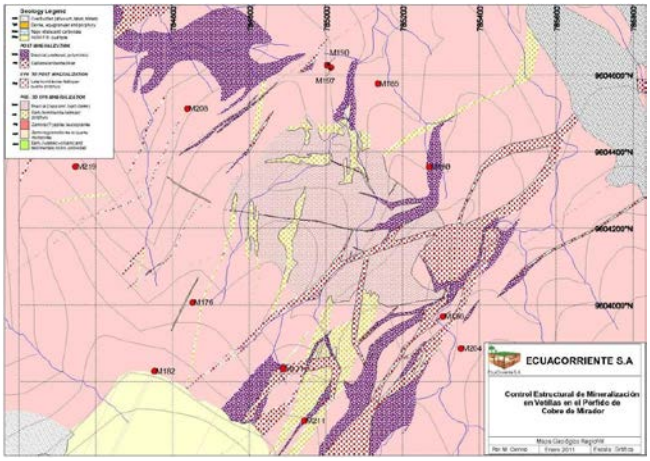


Figura 1. Mapa de ubicación de pozos Geotécnicos, en el área de estudio.

Tendencias preferenciales por paragénesis

Vetillas cuarzo – molibdeno (A2).

Este tipo de vetillas presentan dos direcciones de rumbo preferenciales, una de ellas, en los sectores N, E, SE, S, con 126° ±9° / 23°,55º,70ºNE. En los sectores S y SW con 336º ±4º / 32º,61ºNE; 47ºSW. Tendencias poco distribuidas, en los sectores E y W, con 178° ±1° / 49ºE; 37ºW. En los sectores E y SE con 203° ±4° / 85°NW; 31°,82°SE.. En los sectores E y W, con 225° ±1º /46°,63ºSE. En los sectores E y NW, con 258° / 49°SE; 47ºSW, que pertenecen a los sectores W y NW respectivamente.

Las direcciones preferenciales de éste tipo de vetillas fueron obtenidas contando con información de los pozos: M182(SW), M193(E), M197(N), M204(SE), M208(NW), M211(S), M219(W).

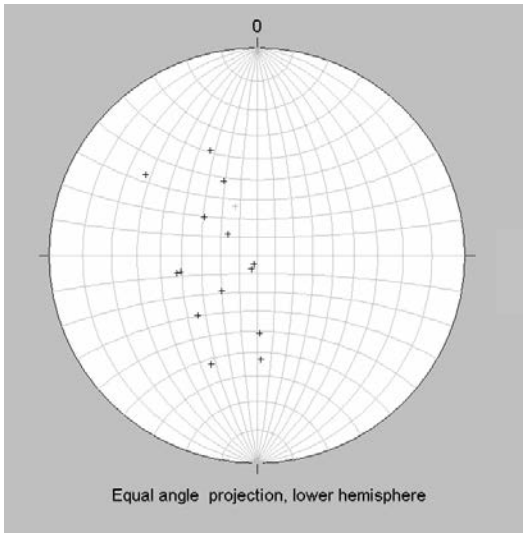


Figura 2. Número total = 15.

Vetillas cuarzo – sulfuros (A2).

Estas vetillas presentan cinco direcciones de rumbo preferenciales, una notable tendencia principal en los sectores N, E, S, SW con 340° ±5°/ 38°,52°,82ºNE; 31°,48°,73°SW. En los sectores N, E, S, NW con 204°±6°/42°,61°,75°,86ºSE; 45°,77°NW. En los sectores E, SE, S, NW, con 184° ±5°/20°,42°65º,88ºE; 26º,73ºW. En los sectores E, S, SW, con 229° ±5°/25°,44º,78ºSE; 36°,63°,81ºNW. En los sectores N, S, NW con 243° ±3° / 41°,71°NW; 22°,41º,78ºSE, En los sectores E y SW, con 270° ±7° / 36°,47°,77ºN; 19°,42º,65ºS. Las direcciones preferenciales de éste tipo de vetillas fueron obtenidas contando con información de los pozos: M171(S), M176(SW), M180(E), M185(NE), M190(N), M193(E), M197(N), M204(SE), M208(NW).

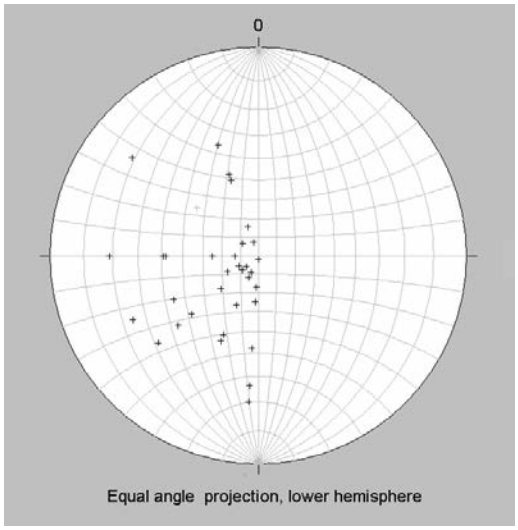


Figura 3. Número total = 15.

Vetillas anhidrita (Anh).

Este tipo de vetillas presenta cuatro direcciones de rumbo preferenciales poco distribuidas; una de éstas, en los sectores E, S y SW con 192° ±5° / 15°,53°,81°SE;
50°,71ºNW. En los sectores N, E y NW con 260° ±5° / 30°SE; 73°N. En los sectores N y E, con 216° ±1°/ 51°,71ºNW; 86°SE. En los sectores N y S con 324° ±9° / 46°NE; 40°,52°,78ºSW.

Las direcciones preferenciales de éste tipo de vetillas fueron obtenidas contando con información de los fueron obtenidas contando con información de los pozos: M171(S), M176(SW), M180(E), M193(E), M197(N), M208(NW).

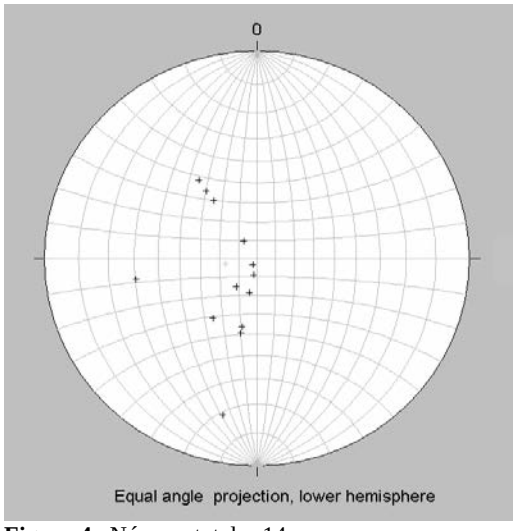


Figura 4. Número total = 14.

Vetillas de sulfuros tempranos

Este tipo de vetillas presenta cinco direcciones de rumbo preferenciales, una de éstas en los sectores NE, E, S, SW, NW con una tendencia 225º ±7º / 45º,72ºSE; 66º,77ºNW. En los sectores N, SE, S, SW, con una tendencia 267º ±2º / 37ºN; 50º,84ºS. En los sectores N, E, SE, S, con una tendencia 291º ±6º / 9º,46º,63º,86ºSW; 27º,44º,66ºNE. En los sectores E, SE, SW, con una tendencia 182º ±8º / 13º,70º,84ºW; 41º,85ºE. En los sectores SE y NW con una tendencia 330º ±4º / 9º,31º,72ºNE; 86ºSW.

Las direcciones preferenciales de éste tipo de vetillas fueron obtenidas contando con información de los pozos: M171(S), M176(SW), M180(E), M182(SW), M185(NE), M197(N), M204(SE), M208(NW).

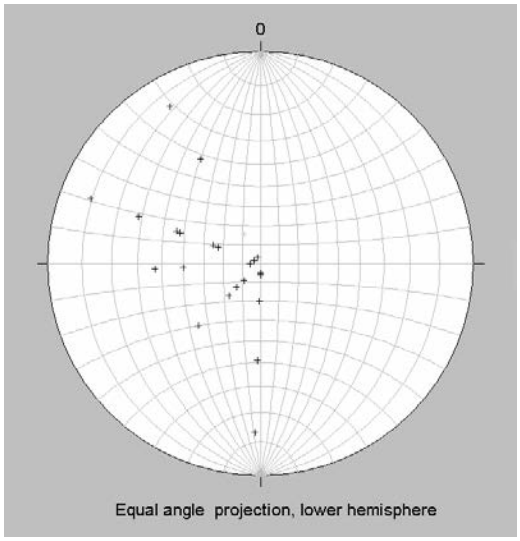


Figura 5. Número total = 23.

Vetillas de magnetita (M).

Este tipo de vetillas presenta cuatro tendencias de rumbo preferenciales, presentándose como tendencia preferencial en los sectores E y SE, con 324º ±7º/ 22º,67ºSW; 37º,59ºNE; también con una tendencia 178º ±4º / 31ºE; 42º,64º,89ºW. En los sectores E y SW, con una tendencia 208º ±4º / 41º,66ºSE; 51º,71ºNW y únicamente en el sector E una tendencia 260º ±4º / 51ºNW; 18º,39º,66ºSE.

Las direcciones preferenciales de éste tipo de vetillas fueron obtenidas contando con

información de los pozos: M176(SW), M180(E), M193(E), M204(SE).

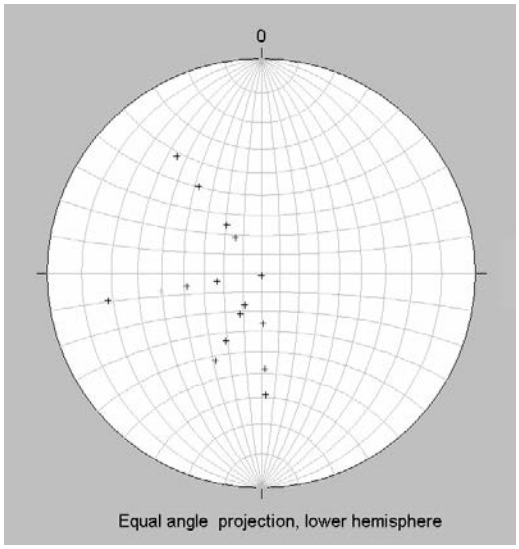


Figura 6. Número total = 16.

Vetillas cuarzo - sulfuros (con sutura).

Este tipo de vetillas presenta seis direcciones de rumbo preferenciales, como tendencia predominante de éste tipo de vetillas, en los sectores N, E, SE, S, SW, con 341º ±7º / 16º,31º,64º,85ºNE; 54ºSW. En los sectores E, SE, S, una tendencia con 229º ± 7º / 29º,45º,61ºSE; 24º,60ºNW. En los sectores E, SE, SW, con una tendencia 326º ±3º / 34º,75ºNE; 34ºSW. En los sectores E, SW, NW, con una tendencia 355º ±4º / 26ºE; 15º,70ºW. Dos tendencias menores, una en los sectores E y S, con 198º / 34º,86ºSE y otra en los sectores S y SW, con 259º ±5º / 64ºNW; 68º,80ºSE.

Las direcciones preferenciales de éste tipo de vetillas fueron obtenidas contando con información de los pozos: M171(S), M176(SW), M180(E), M193(E), M197(N), M204(SE), M208(NW), M211(S).

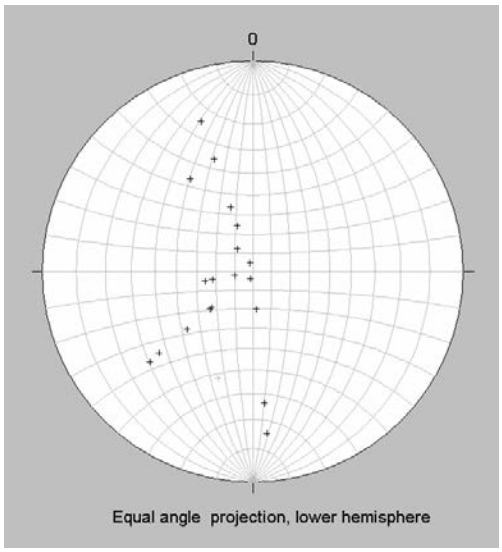


Figura 7. Número total = 21.

Vetillas de sulfuros con halo clorita.

Este tipo de vetillas presenta tres direcciones de rumbo preferenciales, una de estas en los sectores N y SW, con 198º ±5º / 23º,52ºSE. En los sectores N y SE con 229º ±2º / 40ºSE; 53º,80ºNW. Adicionalmente se han tomado en cuenta aquellas direcciones no repetidas puesto que se encontraron muy pocas vetillas de este tipo, éstas pertenecen al sector SE, con 265º / 36ºSW y con + 128º / 44NE y 348º, 323º / 36ºSW, en el sector SW.

Las direcciones preferenciales de éste tipo de vetillas fueron obtenidas contando con información de los pozos: M171(S), M176(SW), M197(N), M204(SE).

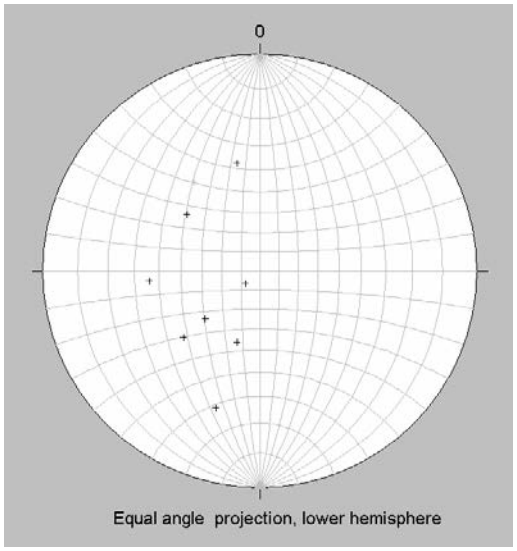


Figura 8. Número total = 9.

Vetillas de sulfuros (D1)

Este tipo de vetillas presenta ocho direcciones de rumbo preferenciales, una de éstas en los sectores N, E, SE, S, SW, con 144º ±7º / 47ºSW; 51º,66º,82ºNE. En los sectores E, S, SW, W, con una tendencia 227º ±6º / 55ºSE; 43º,65ºNW. En los sectores N, E, S, SW, W, con una tendencia 256º ±3º / 17º,45º,83ºSE; 71ºNW. En los sectores N, E, SE, SW, con una tendencia 182º ±5º / 28º,40º,59º,84ºE; 10º,27,44º,67ºW. En los sectores N, E, SE, SW, con una tendencia 215º ±4º /30º,47º,58º,75º,86ºNW; 44ºSE. En los sectores N, E, SE, SW, con una tendencia 304º ±7º / 30º,49º,67ºNE; 11º,44º,63ºSW. En los sectores E, SE, SW, con una tendencia 342º ±4º / 48ºNE; 31º,51º,72ºSW. En los sectores E y SW, con una tendencia 276º ±6º / 16º,55º,84ºS; 27º,71ºN. Las direcciones preferenciales de éste tipo de vetillas fueron obtenidas contando con información de los pozos: M171(S), M176(SW), M180(E), M182(SW), M190(N), M193(E), M197(N), M204(SE), M211(S),

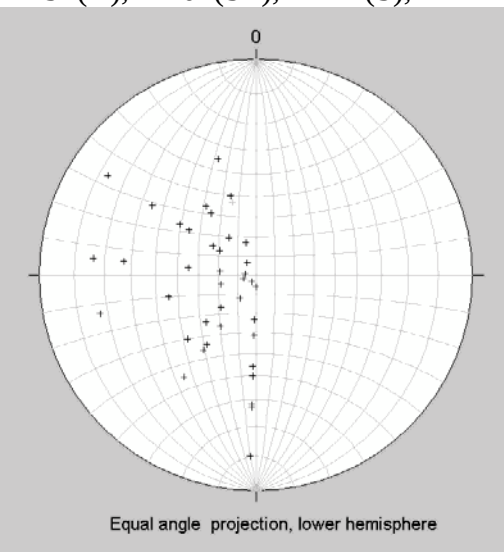


Figura 9. Número total = 40.

Vetillas de sulfuros (D2).

Este tipo de vetillas presenta cinco direcciones de rumbo preferenciales, una de éstas en los sectores N, E, S, SW, con 103º ±5º / 35º,76º,82ºSW; 17º,31º,50º,63º,86ºNE. En los sectores N, E, S, SW, con una tendencia 113º ±5º / 65º,82ºNE; 45ºSW. En los sectores E, S, SW, con una tendencia 182º ±5º / 46ºE; 57ºW. En los sectores N, E, S, SW, con una tendencia 337º ±4º / 52ºNE; 28º,54º,77ºSW . En los sectores N, E, S, con una tendencia 217º ±3º / 49º,65ºNW; 14º,56º,82ºSE. Las direcciones preferenciales de éste tipo de vetillas fueron obtenidas contando con información de los pozos: M171(S), M176(SW), M180(E), M182(SW), M193(E), M197(N).

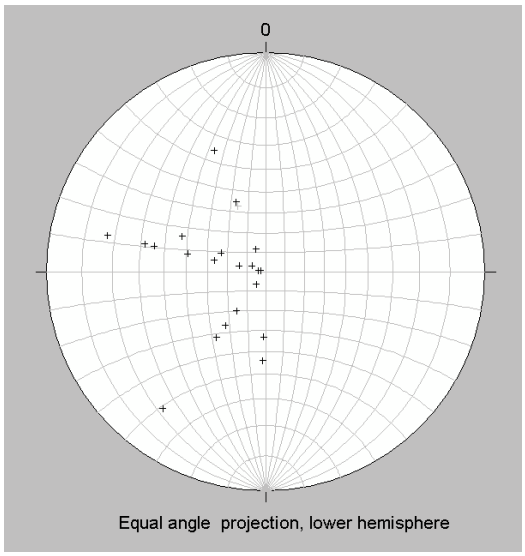


Figura 10. Número total = 22.

Tabla 1. Diferenciación de formas y Aprendizaje por Anoura caudifer y Anoura geoffroyi.

RUMBOS PRINCIPALES DEL SISTEMA DE VETILLAS										
A2 (qz-mo)	A2 (qz-sulf.)	Anh.	Sulf. temp.	M	B	CI	D1	D2	TOTAL DE POZOS	PREFERENCIA PRINCIPAL	JERARQUIA
178°				178°	175°						
	184°		182°				182°	182°	30	185° ±13°	3
		192°			198°	198°					
203°	204°			208°							
		216°					215°	217°	42	216° ±13°	1
225°	229°		225°		229°	229°	227°				
	243°										
258°		260°	267°	260°	259°		256°				
	270°					265°			25	266° ±10°	5
							276°				
								283°			
			291°					293°	28	296° ±13°	4
306°	308°					308°	304°				
		324°	330°	324°	326°	323°	324°		39	336° ±12°	2
336°								332°			
	340°				341°	348°	342°				

Número de pozos que presenta por tendencia cada paragénesis: 6, 5, 4, 3, 2, 1

TABLA 3
La tabla muestra cinco trenes estructurales principales del Depósito de Mirador, y su orden de incidencia en el mismo, determinado por medio del conteo total de pozos en que se encuentran presentes.

Observaciones microscópicas de estructuras mineralizadas

Ubicación:	M176 (SW) / 499.00m
Roca:	Porfido(Jefp)
Alteracion de la roca:	Fílica(secundaria)
Tipos de vetillas:	Qz-sulf (A1)
Minerales de Ganga:	Cuarzo, plagioclasas
Minerales de alteración:	Sericita
Minerales Metálicos:	Pirita trazas

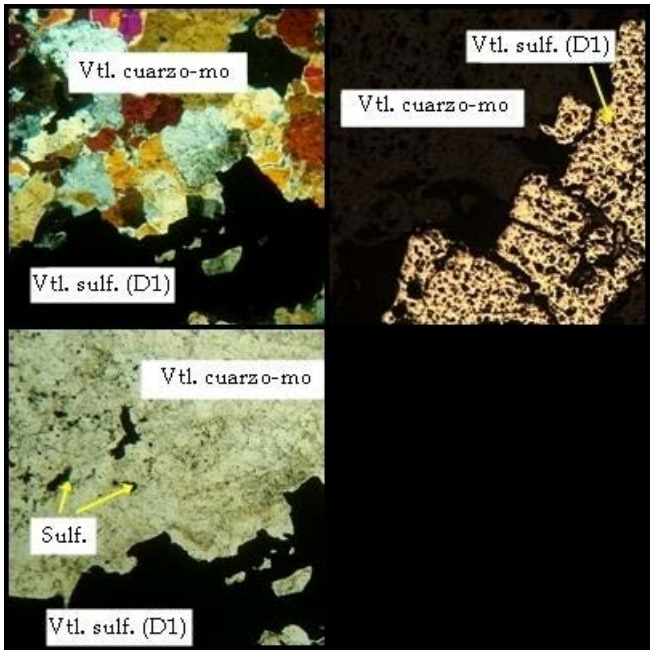


Figura 11. (Sup. Der.), Ns (x) 4x/0.10POL, Vetillas cuarzo – sulfuros (A1), la mineralización primaria de la roca (Fdpt K) ha sido reemplazada por sericita, se presume por ingreso de aguas meteóricas, por medio de fracturas. La sericita se presenta con una textura criptocristalina, también un mix de Plg. + Ser. entre ellos. (Inf. Der). Ns (ll) 4x/0.10POL, vetillas cuarzo - sulfuros (A1). (Izq.), Ns(x), 40x/0.65POL, cristales de sericita, pueden observarse fenocristales a 45°, mostrando su máxima birrefringencia.

Figura 12. Muestra de mano, con vetillas agusandas (A1), en pórfido temprano (Jefp)

Ubicación:	M176 (SW) / 499.00m
Roca:	Porfido(Jefp)
Alteracion de la roca:	Fílica(secundaria)
Tipos de vetillas:	Qz-sulf (A1)
Minerales de Ganga:	Cuarzo, plagioclasas
Minerales de alteración:	Sericita
Minerales Metálicos:	Pirita trazas

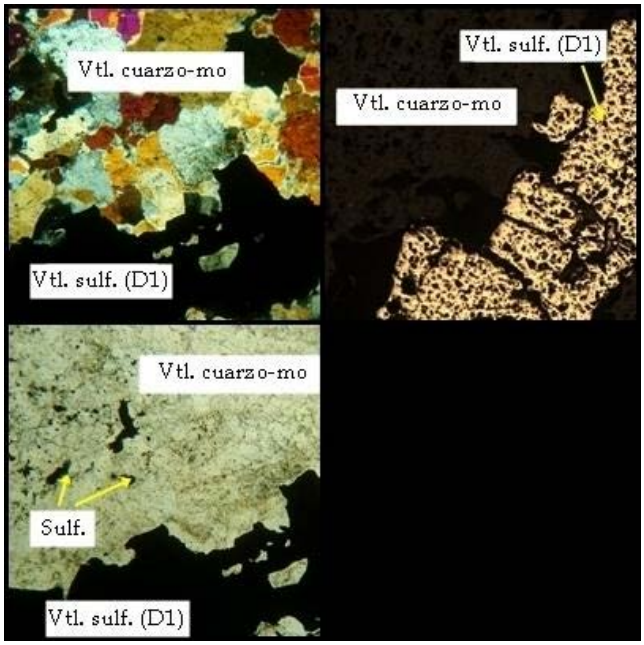


Figura 13. (Sup. Izq.), Ns (x), 4x/0.10POL, Vetilla de sulfuros (D1) , cortando vetilla qz-mo (A2). (Inf. Izq.), Ns (ll), 4x/0.10POL, se pueden observar en la parte izquierda, los sulfuros diseminados en la vetilla qz - mo, posibles molibdenitas. (Sup. Der), Zoom (50x), Luz reflejada, vetilla de sulfuros (D1), cortando vetilla qz - mo (A2).

Figura 14. Muestra de mano, con vetilla qz - mo (A2), en pórfido temprano (Jefp), cortada por vetilla de sulfuros (D1), y ambas cortadas por vetilla de yeso

Ubicación:	M171 (S) / 290.03m
Roca:	Granodiorita (Jzgd)
Alteracion de la roca:	Potásica
Tipos de vetillas:	Qz - sulf, yeso
Minerales de Ganga:	Cuarzo, yeso, plagioclasas
Minerales de alteración:	Biotita Sec
Minerales Metálicos:	Pirita trazas

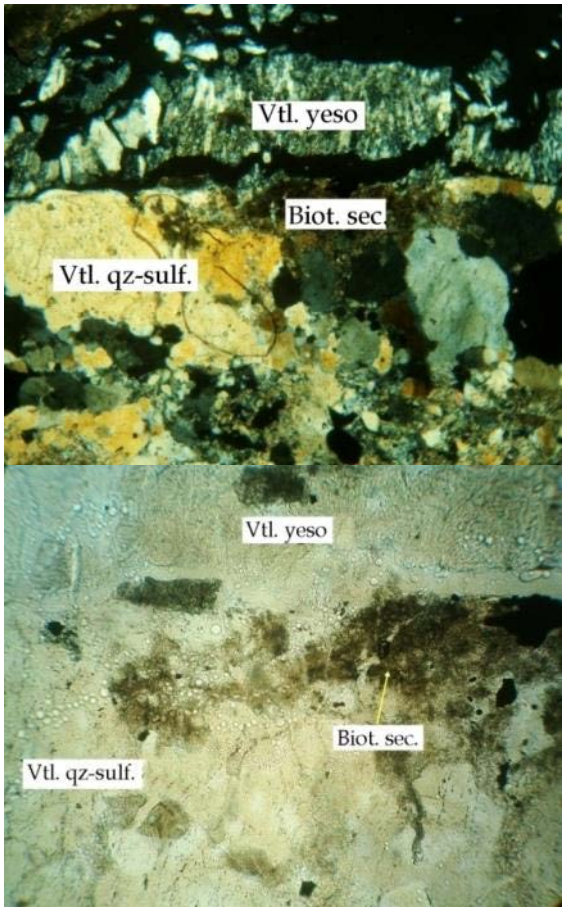


Figura 15. (Sup.), Ns (x) 4x/0.10POL; Vetilla de yeso, cortando vetilla de qz – sulf. (A2) (Inf.), Ns (ll) 4x/ 0.10POL; puede observarse la Biot. Sec, que es parte del ensamblaje de la alteración Potásica.

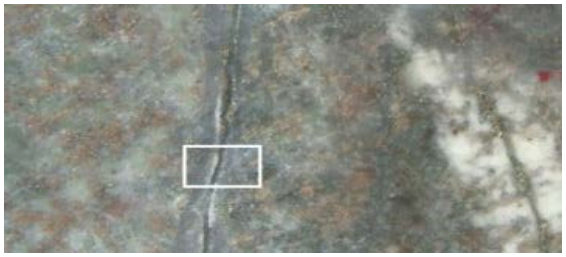


Figura 16. Muestra de mano, con vetilla qz-sulf. (A2), en granodiorita (Jzgd), cortada por vetilla de yeso

Ubicación:	M171(S) / 310.80m
Roca:	Granodiorita (Jzgd)
Alteracion de la roca:	Potásica
Tipos de vetillas:	Anhidrita (Anh)
Minerales de Ganga:	Anhidrita
Minerales de alteración:	Biot. Secundaria
Minerales Metálicos:	Pirita

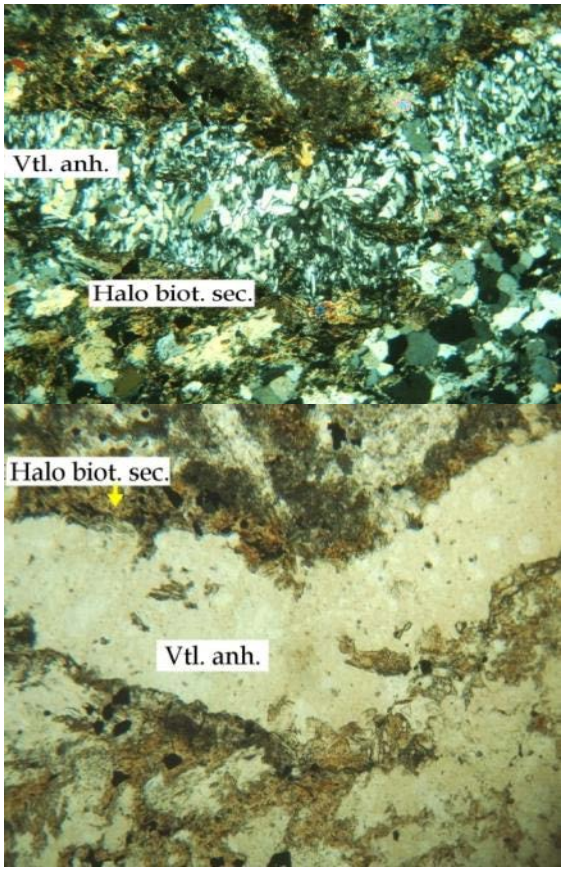


Figura 17. Ns(x) 4x/0.10POL; vetilla de anhidrita. presenta un halo de Biot. Sec. En alteración potásica. Foto inferior,enNs(ll) 4x/0.10POL

Figura 18. Muestra de mano, con vetilla de anhidrita (Anh), con halo de biotita secundaria, es cortada por vetilla de sulfuro (D2), en granodiorita (Jzgd)

Ubicación:	M208(NE) /400m
Roca:	Granodiorita (Jzgd)
Alteracion de la roca:	Propilítica
Tipos de vetillas:	Qz-sulf (con sutura) (B), carbonato
Minerales de Ganga:	Cuarzo, carbonato
Minerales de alteración:	No
Minerales Metálicos:	Pirita, molibdenita

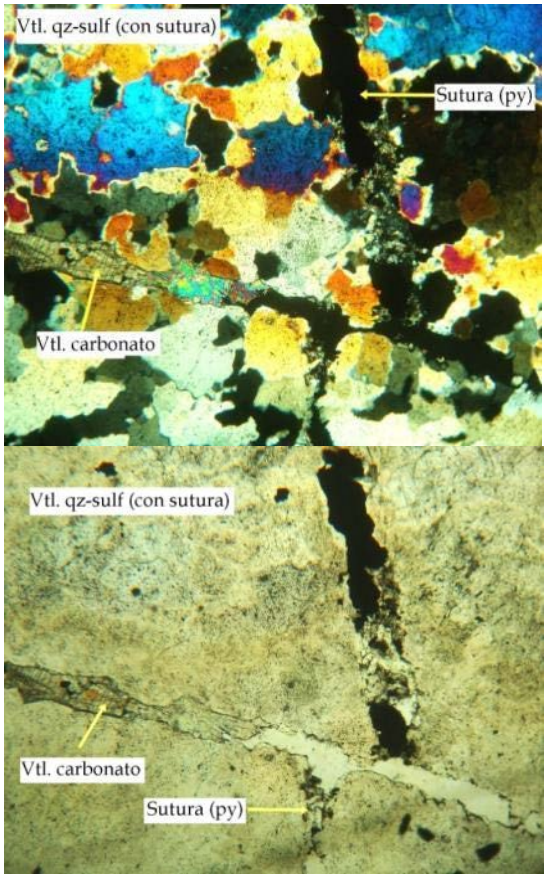


Figura 19. (Sup.), Ns (x), 4x/ 0.10 POL; vetilla de qz - sulfuro (con sutura de Sulfuros), es desplazada por vetilla de Carbonato. (Inf.) Ns(ll), 4x/ 0.10POL.

Figura 20. Muestra de mano, con vetilla qz – sulfuros (con sutura), en granodiorita (Jzgd).

Ubicación:	M171(S) / 311.10m
Roca:	Granodiorita (Jzgd)
Alteracion de la roca:	Potásica
Tipos de vetillas:	Qz-sulf (con sutura) (B), sulf (D1)
Minerales de Ganga:	Cuarzo, plagioclasas
Minerales de alteración:	Sericita
Minerales Metálicos:	Pirita

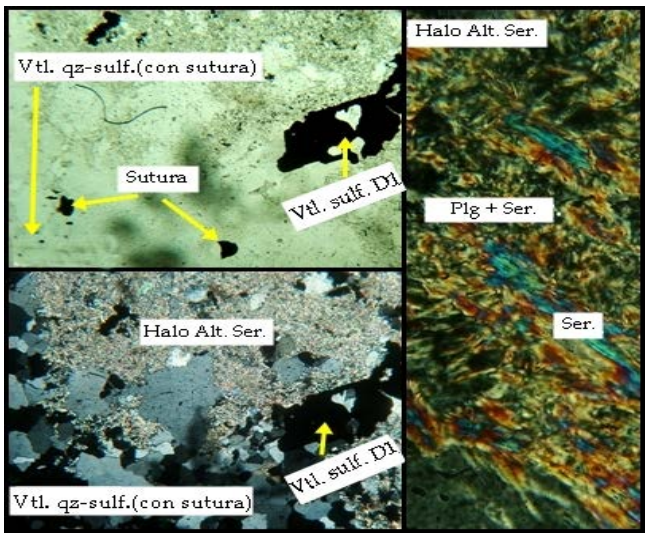


Figura 21. (Inf. Izq.),Ns (x) 4x/0.10POl; Vetilla de sulfuro (D1) con halo de alteración sericítico con textura criptocristalina, cortando a vetilla. qz – sulfuro (con sutura).
(Sup. Izq.), Ns(ll) 4x/0.10POL, puede observarse en la vetilla de qz – sulfuro (con sutura), el desplazamiento de la sutura, producido por la inyección de vetilla de sulfuro (D1).
(Der.), Ns(x) 40x/0.65POL; el halo de alteración de la vetilla de sulfuro (D1), con fenocristales de sericita a 45°, mostrando su máxima birrefringencia, y una matríz criptocristalina de un mix entre Plagioclasas y Sericitas.

Figura 22. Zoom (50x), Luz reflejada, se puede observar en la parte superior derecha, Py en halo de alteración sericítico de vetilla de sulfuro (D1), y también Py en sutura de Vetilla de qz –sulfuro (con sutura), (esquina inferior izquierda).

Figura 23. Zoom (50x), Luz reflejada, se puede observar en la parte superior derecha, Py en halo de alteración sericítico de vetilla de sulfuro (D1), y también Py en sutura de Vetilla de qz –sulfuro (con sutura), (esquina inferior izquierda).

Ubicación:	M171(S) /311.00m
Roca:	Granodiorita (Jzgd)
Alteracion de la roca:	Potásica
Tipos de vetillas:	Qz-sulf (con sutura), sulf (D2), yeso (Y)
Minerales de Ganga:	Cuarzo, yeso
Minerales de alteración:	No
Minerales Metálicos:	Pirita

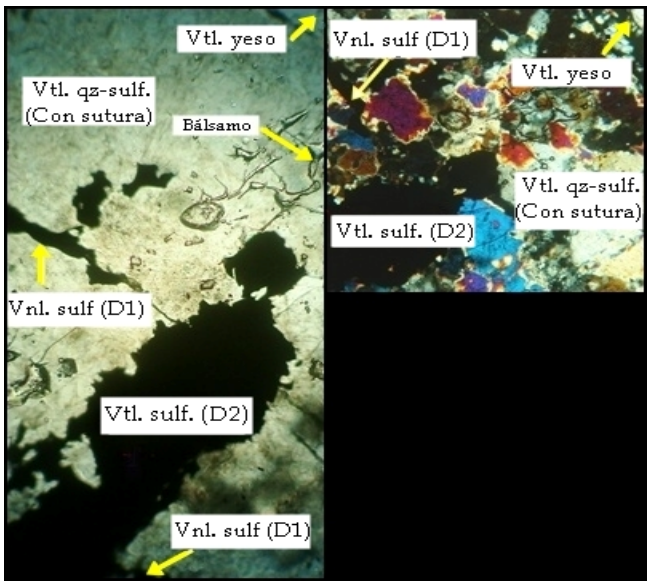


Figura 24. (Sup. Der), Ns (x), 4x/0.10POL; vetilla qz – sulfuro (con sutura, la sutura no es visible en la imagen) (centro), es cortada por venilla de sulfuro (D1) (inf. cent.), posteriormente estas dos son cortadas por vetilla de sufuro (D2) (der), es notable el desplazamiento de la venilla, y finalmente la vetilla qz – sulfuros (con sutura) es cortada por una vetilla de yeso (sup. izq.). (Izq.), Ns(ll), 4x/0.10POL.

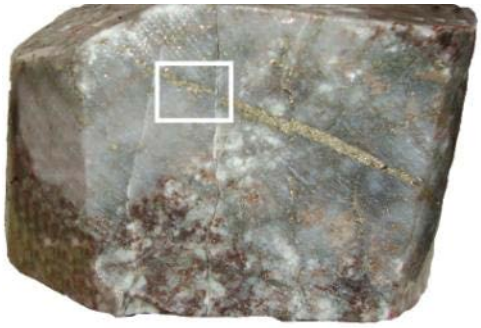


Figura 25. Muestra de mano, con vetilla de qz – sulfuros (con sutura), cortada por vetilla de sulfuro (D2), en granodiorita (Jzgd).

Ubicación:	M171(S) /483.84m
Roca:	Granodiorita (Jzgd)
Alteracion de la roca:	Potásica
Tipos de vetillas:	Sulf (D2)
Minerales de Ganga:	Cuarzo, plagioclasas, carbonatos
Minerales de alteración:	Sericita
Minerales Metálicos:	Pirita, calcopirita

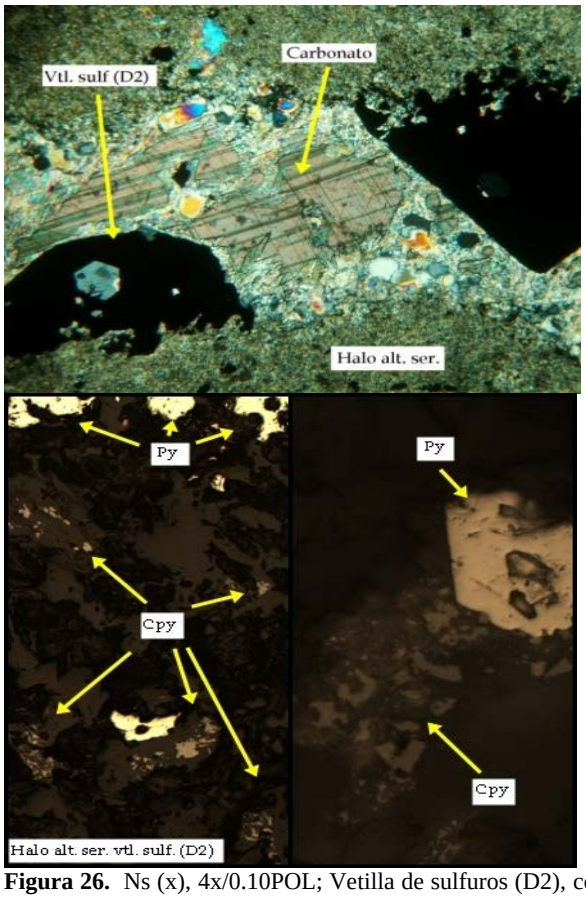
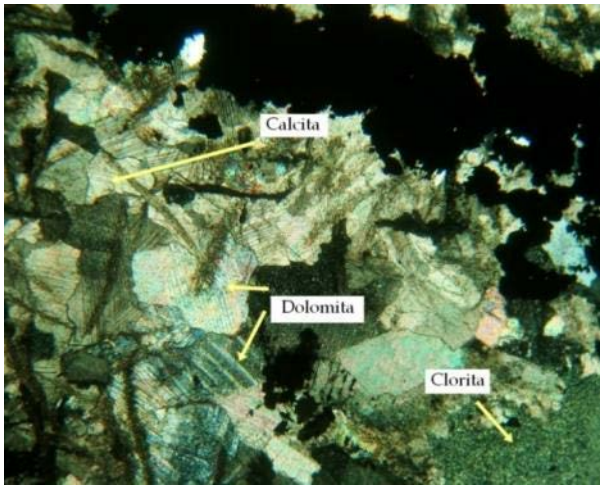


Figura 26. Ns (x), 4x/0.10POL; Vetilla de sulfuros (D2), con halo de alteración sericítico.

Luz reflejada (Izq.), Zoom (100x), Luz reflejada, halo de alteración sericítico de vetilla de sulfuros (D2), con calcopirita a diferencia de vetillas de sulfuros (D1). (Der..), Zoom (400x), Luz reflejada, halo de alteración sericítico de vetilla de sulfuros (D2), calcopirita con una textura fina, medianamente dispersa, y en menor proporción que pirita en el halo..

Figura 27. Muestra de mano, con 3 vetillas de sulfuros (D2), en misma dirección, en granodiorita (Jzgd),

Ubicación:	M185(NE) /45.30m
Roca:	Granodiorita (Jzgd)
Alteracion de la roca:	Propilítica
Tipos de vetillas:	Polimetálica (Pol.)
Minerales de Ganga:	Cuarzo, calcita, dolomita
Minerales de alteración:	Clorita
Minerales Metálicos:	Esfalerita pirita, calcopirita



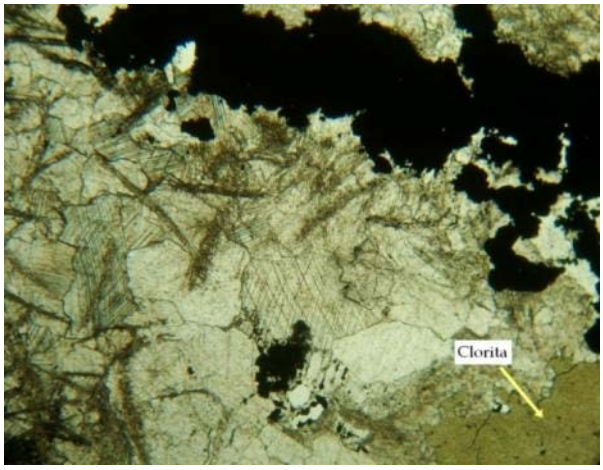


Figura 28. (Sup.), Ns(x), 4x/0.10POL; vetilla polimetálica (Pol.) con esfalerita, carbonatos (dolomita y calcita), y un cristal de clorita en la esquina inferior, que es parte de la alteración de la roca.
(Inf.), Ns(ll), 4x/0.10POL.

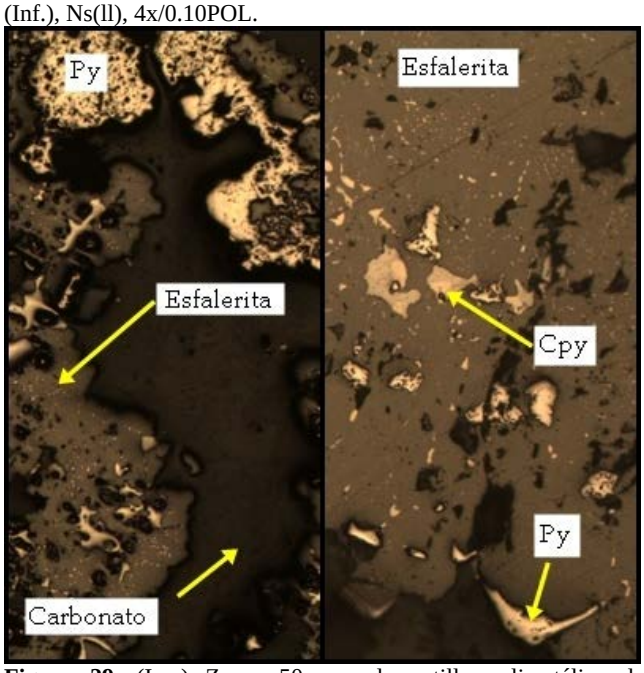


Figura 29. (Izq.) Zoom 50x, en la vetilla polimetálica, los carbonatos no tienen reflectancia (color negro, (Der.) Zoom 200x, Pirita y Calcopirita sobre esfalerita.

Figura 30. Muestra de mano, con vetilla polimetálica, en granodiorita (Jzgd).

Ubicación:	M193(E) /354.00m
Roca:	Pórfido temprano (Jefp)
Alteracion de la roca:	Potásica
Tipos de vetillas:	Flujo brecha post-mineral
Minerales de Ganga:	Cuarzo, arcilla
Minerales de alteración:	No
Minerales Metálicos:	Pirita

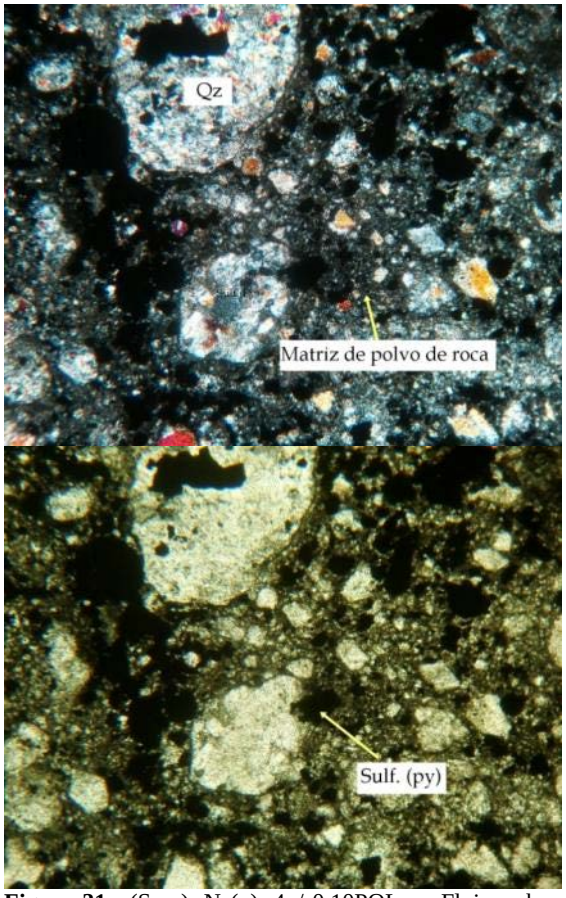


Figura 31. (Sup.), Ns(x), 4x/ 0.10POL; Flujo brecha post - mineral, con clastos de cuarzo y matríz de polvo de roca, con pirita. (Inf), Ns(ll), 4x/ 0.10POL

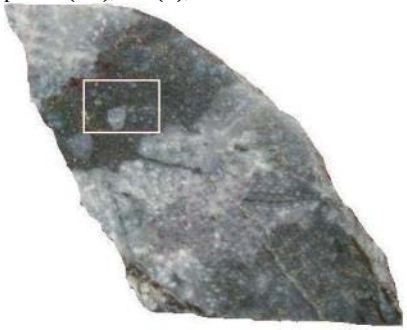


Figura 32. Muestra de mano, con flujo de brecha post-mineral, en pórfido temprano (Jefp), emplazado posteriormente a vetilla de sulfuro (D1), debido al halo de sericita a sus lados.

3. Resultados y Discusión

Paragénesis y estructuras mineralizadas

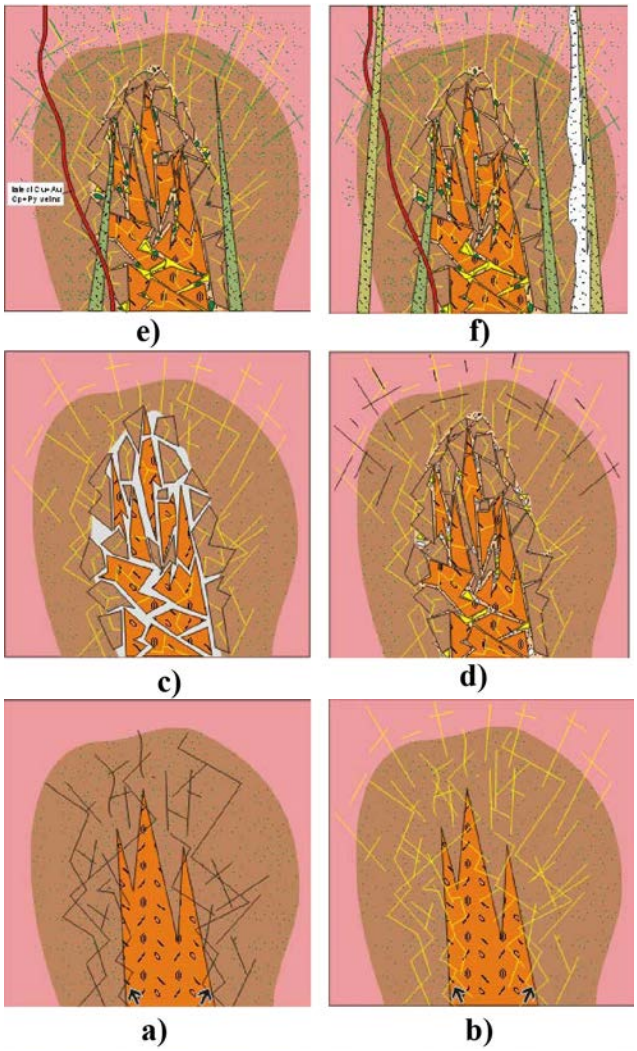


Figura 33. La figura muestra las fases evolutivas de intrusión y mineralización del pórfido cuprífero de Mirador.

a) Con el inicio el proceso tardimagmático o potásico, encontrándose como unidad pre-existente en la zona, el Batolito de Zamora (granodiorita), contando con zonas de debilidad o permeables, el magma diorítico hornblendo-feldespático, intruyó la roca de caja, generando en ésta un halo de alteración potásica; según estudios de los depósitos pórfidos cupríferos Chile y el sur de Perú, éste halo se desarrolla a temperaturas superiores a 300°c, a partir de fluidos altamente salinos (>35% - 40%) en peso de NaCl, con altas razones de K+/H+, y un régimen de alta fugacidad

de Oxígeno y actividad de Azufre (Beane y Titley, 1981), también resultando zonas de fracturamiento mecánico por cristalización y aumento de volumen del intrusivo, y transportando mineralización temprana de calcopirita diseminada, llevando oro en sus cristales (según análisis de laboratorio), parte de éste evento es la formación de vetillas de cuarzo – sulfuros (A1) en el pórfido temprano su forma agusanada, indican la ductibilidad del ambiente.

b) La actividad continuó con una etapa temprana de mineralización de molibdeno a través de fracturas y planos de fallas posteriormente un pulso de vetillas de cuarzo-sulfuros fué inyectado, fusionándose con el molibdeno en los sectores donde éste se había emplazado previamente e inyectándose solamente en aquellos sectores donde no existía molibdeno previo, formando las denominadas tipo "A2" características de la zona de alteración potásica del pórfido temprano y de la roca de caja.
Contemporáneamente se dieron otro tipo de vetillas características del evento, en la zona de la roca de caja, son las vetillas de anhidrita (Anh.) y las vetillas de sulfuros tempranos (sulf. temp.), que se cree fueron el primer evento principal de aporte de cobre al sistema. Una fase de alteración posterior a la potásica y casi contemporánea, es la alteración propilítica, donde se desarrollaron vetillas de magnetita (M).

c) Debido a que el agua se evapora a 100°C, a 1 Ba de presión (atmosférica) y el magma tiene temperaturas que superan 600°c a profundidades de 1 a 3 Km, con presiones de 500 Ba a una profundidad de 2Km (Burnham y Ohmoto, 1980; y Fournier, 1990), los excesos de agua (debido a la separación, en la cristalización de minerales), son expulsados en forma gaseosa, cuando se libera esta fase volátil del magma, elementos como el azufre, cobre, oro y molibdeno pueden concentrarse en solución en ella. Cuando la parte acuosa del magma es expulsada por ebullición, el exceso de presión de los vapores produjo fuerte fracturamiento y brechación del pórfido temprano y roca de caja, inflando al sistema, lo que provee vías permeables para que las soluciones hidrotermales de derivación magmática fluyan a través de éstas y depositen su carga mineralizada, lo que indica que el proceso de expansión de la alteración hidrotermal continuó.

d) Despresurización y colapso del sistema, dejando espacios abiertos, susceptibles a ser rellenos en la siguiente fase de mineralización, también fracturamiento de la roca de caja periférica de la brecha, debido a efectos mecánicos producidos durante la despresurización, éste evento es asociado a la formación de las vetillas de cuarzo-sulfuros (con sutura) (B), debido al descenso de la temperatura, producido por el ingreso de aguas meteóricas al sistema, luego del colapso (Gustafson & Hunt 1975).

e) Siendo la segunda fase de mineralización importante de cobre y oro, calcopirita y pirita diseminada en el halo, alcanzando mayores distancias, rellenando cavidades en forma de bolsas producidas luego del colapso de la brecha y en vetillas finas, se asocia esta fase, a la formación de vetillas de sulfuros con halo sericítico-clorítico. Posteriormente la formación de la alteración sericítica y la generación de las vetillas de sulfuros, las que son características por presentar halos de alteración sericítico alrededor de ellas, fueron clasificadas dos fases de este tipo de vetillas, puesto que la primera (sulfuros D1) pertenece a un evento de hierro (pirita) y la segunda fase (sulfuros D2) que fue encontrada cortando a las primeras, representan un evento de hierro y cobre se cree, ésta última, representa una removilización de mineralizaciones previas. También se dio la intrusión del pórfido tardío (Jhbp)

f) Como últimos eventos de intrusión y mineralización, la intrusión de un dique tardío a post-mineral; intrusión de vetillas polimetálicas seguido no muy posteriormente de la intrusión de diques de brechas freato-magmáticas con clastos de diferentes litologías,(Jzgd, Jefp, Jhbp).

Control estructural del sistema de vetillas.

Las vetillas del depósito de Mirador, muestran cinco trenes estructurales o familias de tendencias principales (tablas 1), tres de ellas, posiblemente hayan sido influenciadas por esfuerzos tectónicos de estructuras regionales de la zona de Zamora, debido a las relaciones angulares que sostienen, son visibles a 62 km hacia el S y a 35 km hacia el W del depósito, en el mapa geológico de Zamora, Hoja 77, relaciones geocronológicas de éstas estructuras, no pudieron ser determinadas debido a las limitaciones del estudio. Una de éstas tendencias, con 185º ±13º, presentando fuertes inclinaciones hacia el W-NW, medias y fuertes inclinaciones hacia el E-SE, es relacionada a la Falla de cabalgamiento de la Cordillera Real, que se presenta como un eje positivo desde el Mesozoico Inferior. Otra con 216º ±13º, con inclinaciones medias y fuertes hacia el NW e inclinaciones medias hacia el SE, se la relaciona a una fractura paralela a la cordillera de Tzunantza, La Quebrada de El Oro. Una tendencia con 266º ±10º, con inclinaciones fuertes hacia el N- NW e inclinacines suaves, medias y fuertes hacia el S-SE, se la relaciona a la falla inferida de rumbo E-W que atravieza la zona. Dos tendencias restantes, con rumbos 296º ±13º, con inclinaciones medias y medias – fuertes hacia el NE e inclinaciones medias hacia el SW; 336º ±12º, con inclinaciones medias – suaves hacia el NE e inclinaciones medias – suaves, medias y fuertes hacia el SW, se piensa pertenecen a esfuerzos locales del sistema.

4. Conclusiones

Se identificaron once (11) tipos de vetillas, producidas durante los procesos hidrotermales, a partir de la intrusión de un pórfido cuprífero, en Mirador, que fueron denominadas en base a sus constituyentes mayoritarios éstas corresponden a las etapas tardimagmática (potásica- propilítica), transicional e hidrotermal principal, que existen en el depósito.

Se determinaron las distintas paragénesis del sistema de vetillas (véase tablas 1), que con la ayuda de diez (10) láminas delgadas y cuatro (4) secciones pulidas (véase capítulo V.I.), pudo ser sustentada para los casos necesarios, en cuanto a intersección de sus planos, los que aportaron a la determinación de las edades relativas y a la identificación de mineralizaciones metálicas y no metálicas. Con ésta información, se pudo también determinar los eventos con mayor contenido de cobre (calcopirita), éstos pertenecen al evento de las vetillas con sulfuros tempranos que fue el primer aporte; las vetillas de sulfuros con halo de clorita, que fue el segundo aporte y una deposición de cobre, son las vetillas de sulfuros con halo de sericita (D2). La mayor incidencia de estos tres tipos de vetillas y obviamente leyes de cobre también, son presentes en los sectores N (M197), S (M171) y SW (M176).

Se obtuvieron datos estructurales, de dirección de manteo e inclinación de las estructuras mineralizadas de los núcleos de perforación orientados, de los que se realizó un análisis, puesto que presentan una amplia variedad de tendencias, sin necesidad que éstas dependan del evento de mineralización, ni el sector donde se emplazaron, durante toda la evolución del sistema; sin embargo se pudieron observar tendencias marcadas de cada paragénesis, de las que se piensa podrían obedecer a esfuerzos de controles estructurales de carácter regional que influenciaron el fracturamiento de la roca, previo al emplazamiento de las vetillas; se generaron gráficos estructurales con los que se logró simplificar la información y en base a éstos, obtener las orientaciones relacionadas a los fracturamientos locales principales del sistema, estas direcciones preferenciales, se presentan en sentidos N-S, que es relacionada a la falla de cabalgamiento de la Cordillera Real; NE-SW, relacionada a una fractura paralela a la Cordillera de Tzunanza, La Quebrada de El Oro; E-W, relacionada a una falla inferida que atraviesa la zona de Zamora [(W - NW) – (E- SE)] y [(NW – N) – (SE - S)]. (tabla 1)

5. Recomendaciones

En base a las vetillas, de los sectores determinados con mayores contenidos del mineral de mena y sus tendencias, como aquellas detectadas en los sectores N (M197), vetillas de sulfuros con halo de ser-cl, con pendientes entre 65º y 70º hacia él SE; en el sector NW (M208), vetilla de sulfuros tempranos, con una pendiente de 77º hacia el NW; éstas vetillas presentan rumbos desde 210º a 231º, perteneciendo a la tendencia principal determinada de 216º; se recomienda realizar exploraciones en el sector N-NW.

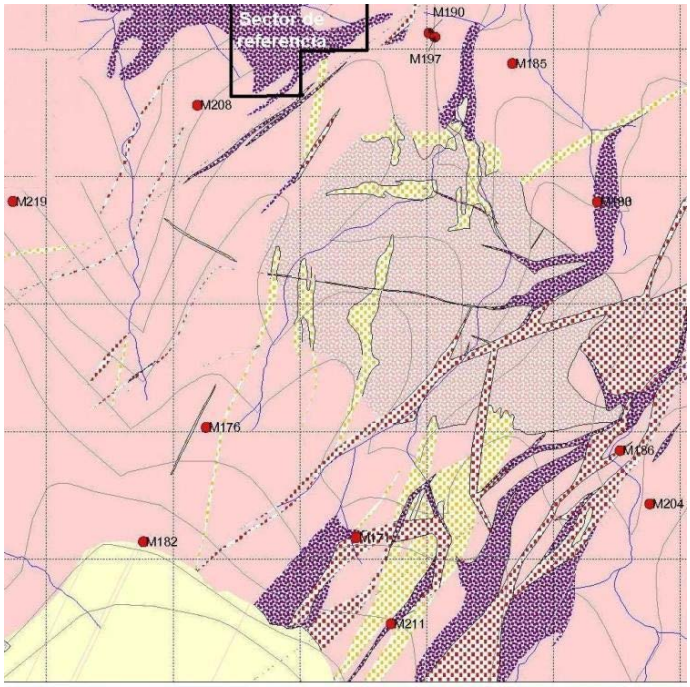


Figura . Número total = 22.

Referencias

[1] Barra de la Guarda, (2006), Geología, alteración y mineralización del prospecto de cobre Atutema, IV región, Chile; Universidad de Chile, Facultad de ciencias físicas y matemáticas, departamento de geología.

[2] Boyle, R.W., (1979). Chapter IV. Oxidation and secondary enrichment of gold deposits. Geological Survey of Canada, Bulletin 280, pp. 431-435.

[3] Cannell J., Walshe J., Stein H., (2005), Geology, Mineralization, Alteration, and Structural Evolution of the El Teniente Porphyry Cu-Mo Deposit. Economic Geology, v. 100, pp. 979–1003.

[4] Castro, (2008), Zonas de interacción magmática; Universidad de Huelga, Trabajo de Campo II, 3º Geología.

[5] Chávez, (2007), Geología de la zona de alteración hidrotermal de Domeyko y del yacimiento de cobre Dos Amigos, Región de Atacama, Chile.Universidad de Chile, Facultad de ciencias físicas y matemáticas, departamento de geología.

[6] Garza González, (2007), Metalogenia del pórfido de cobre de Tiámaro, Estado de Michoacán. Universidad Nacional Autónoma de México.

[7] Gustafson y Hunt, (1975), El Salvador, Economic Geology, V. 70, Nº 5, pp. 857-912.

[8] Maksaev, 2001, Reseña metalogénica de Chile y de los procesos que determinan la metalogenesis andina Maksaev, (2003), Evolucion del conocimiento de los procesos involucrados en la génesis de los pórfidos cupríferos; basado en Jeffrey W. Hedenquist y Jeremy P. Richards (1998), The influence of Geochemical Techniques on the Development of Genetic Models for Porphyry CopperDeposit, Vol. 10 Economic Geology.

[9] Orlando Alvarez, Román Flores, Codelco Chile, División Chuquicamata, (1985); Alteración y mineralización hipógena en el yacimiento de Chuquicamata, Chile.

[10] Reflex instrumentes, (2007), Guia para usuario Reflex ACT/QPQ; http://www.reflexinstruments.com/reflex-act.html

[11] Valencia-Moreno, Ochoa-Landín, Noguez-Alcántara, Ruiz, Pérez-Segura, (2006), Características metalogenéticas de los depósitos de tipo pórfido cuprífero en México y su situación en el contexto mundial Boletín de la Sociedad Geológica mexicana, volumen conmemorativo del Centenario, revisión de algunas tipologías de depósitos minerales en México, tomo LVIII, núm. 1, 2006, P. 1-26

[12] Vergara, (2002), Segunda Ebullición y su relación con la formación de stockwork y brechas hidrotermales; Universidad de Chile, Facultad de ciencias físicas y matemáticas, departamento de geología.

[13] Gómez-Gutiérrez, D.F. & Molano-Mendoza, J.C. (2009): Evaluación de zonas de alteración hidrotermal y fases intrusivas, para el prospecto “Stock orfirítico de Piedra Sentada” (Vereda Santa Lucía) Cauca, Colombia.- geología colombiana, 34, pp. 75-94, 29 Figs., Bogotá.