

**FACTORES GEOLÓGICOS LITOESTRUCTURALES RELACIONADOS CON LA
MINERALIZACIÓN EN EL ÁREA DE VETA VICTORIA, DISTRITO MINERO
SEGOVIA-REMEDIOS, ANTIOQUIA**

SANDRA MILENA SALAZAR ARDILA



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA
2013**

**FACTORES GEOLÓGICOS LITOESTRUCTURALES RELACIONADOS CON LA
MINERALIZACIÓN EN EL ÁREA DE VETA VICTORIA, DISTRITO MINERO
SEGOVIA-REMEDIOS, ANTIOQUIA**

SANDRA MILENA SALAZAR ARDILA

**Trabajo presentado como requisito para optar por el título de
Geóloga**

**Director
JULIÁN ANDRÉS LÓPEZ ISAZA
Geólogo, MSc.**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA
2013**

DEDICATORIA

A Dios por regalarme mi familia como mi más grande bendición y por estar siempre de la mano conmigo en mis triunfos y fracasos, sé que sin él nada de esto hubiese sido posible.

A mis padres y hermanos quienes han estado siempre presentes en cada etapa de mi vida y esto es un logro de todos. Dedicado especialmente a mi hermanito Sebastián Salazar quien a su corta edad, me ha enseñado que la perseverancia, la constancia, la paciencia, la fe son las únicas herramientas que nos ayudan a seguir luchando por lo que queremos y que las oportunidades en la vida son únicas.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Industrial de Santander y la escuela de Geología, por permitirme desarrollar mis estudios profesionales, a los maestros quienes fueron la principal herramienta en mi aprendizaje y a cada una de las personas que hicieron parte en este ciclo de mi vida.

A mi director Julián López, evaluadores Luis Carlos Mantilla y Francisco Velandia quienes con su conocimiento, ayuda y aportes críticos lograron que fuera posible la realización de este trabajo con el que hoy culmino mis estudios de pregrado.

A Quintana S.A.S por darme la oportunidad de realizar mi trabajo de grado, en especial a Diego Quintero por creer en mí y por su apoyo incondicional.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	14
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
2. OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVO GENERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	16
3. JUSTIFICACIÓN	17
4. GENERALIDADES	18
4.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	18
4.2 VÍAS DE ACCESO	18
5. ANTECEDENTES, MARCO TEÓRICO Y METODOLOGÍA	20
5.1 ANTECEDENTES	20
5.2 CONFIGURACIÓN TECTÓNICA	21
5.3 MARCO TEÓRICO.....	22
5.3.1 Depósitos de oro orogénico..	23
5.3.2 Alteraciones hidrotermales.....	25
5.3.3 Consideraciones estructurales.	26
5.4 METODOLOGÍA	27
5.4.1 Revisión bibliográfica, etapa de oficina..	27
5.4.2 Geología de campo.....	27
5.4.3 Laboratorio y organización de datos.	28
5.4.4 Interpretación y análisis de resultados.	28
5.4.5 Presentación de resultados.....	28
6. MARCO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL	29
6.1 GEOLOGIA REGIONAL.....	29

6.1.1 Batolito de Segovia.	30
6.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	32
6.3 GEOLOGÍA LOCAL	33
6.3.1 Rocas metamórficas.....	34
6.3.2 Stock (Granodiorita) de Santa Isabel.	37
6.4 CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES DE LA ZONA	39
6.4.1 Estructuras planares.	40
6.4.2 Lineamientos, fallas e indicadores cinemáticos	43
7. CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS	46
7.1 CARACTERÍSTICAS TEXTURALES Y MINERALÓGICAS.....	46
7.1.1 Sección delgada de la Veta.....	46
7.1.2 Zona proximal	51
7.1.3 Zona de alteración intermedia.....	60
7.1.4 Zona dista.	62
7.1.5 Gneis.....	64
8. DISCUSIÓN	69
8.1 MARCO GEOLÓGICO EVOLUTIVO.....	69
8.2 CONSIDERACIONES DE CAMPO	71
9. CORRELACIÓN CON UN MODELO METALOGÉNICO.....	79
10. CONCLUSIONES	82
11. RECOMENDACIONES	83
BIBLIOGRAFÍA.....	84

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Localización Geográfica del área de estudio.	19
Figura 2. Esquema general del evento de colisión de terrenos.	24
Figura 3. Mapa Geología Regional del Distrito Minero Segovia Remedios.	31
Figura 4. Imagen Satelital del área de estudio.....	32
Figura 5. Mapa Geológico de Veta Victoria.	33
Figura 6. Gneis fresco en núcleos de perforación de Veta Victoria.	34
Figura 7a. Gneis con leucosoma granítico plegado.....	36
Figura 7b. Gneis con leucosoma granítico.....	36
Figura 8a. Granitoide alterado.....	38
Figura 8b. Granitoide fresco.....	38
Figura 9a. Silicificación.....	39
Figura 9b. Contacto entre gneis y Granitoide.....	39
Figura 10. Afloramiento de Veta de Cuarzo en Veta Victoria.....	40
Figura 11. Diaclasas en Veta Victoria.	41
Figura 12a. Diagrama de rosas para vetas.....	42
Figura 12b. Diagrama de polos para vetas.	42
Figura 13a. Diagrama de rosas para diaclasas.....	42
Figura 13b. Diagrama de polos para diaclasas.....	42
Figura 14a. Diagrama de rosas para foliaciones.....	43
Figura 14b. Diagrama de polos para foliaciones.....	43
Figura 15. Zona de falla en gneis.....	44
Figura 16. Foto de afloramiento y detalle de las estrías de falla.....	44
Figura 17. Sección delgada de la veta, pirita y carbonatos.....	47
Figura 18. A y B Inclusiones fluidas bifásicas en nicoles paralelos y cruzados.	48
Figura 19. Carbonatos, cuarzo y pirita.	49
Figura 20. Pirita precipitada en los espacios vacíos entre cristales de cuarzo.	50

Figura 21. Cuarzo con recristalización dinámica.....	51
Figura 22. Min arcillosos, Plagioclasa, cordierita, cuarzo y moscovita.....	52
Figura 23. Plagioclasa alterándose a sericíta y cuarzo.....	53
Figura 24. Cuarzo, minerales opacos y moscovitas.....	54
Figura 25. <i>Cuarzo, carbonatos y Plagioclasa alterándose a Sericíta</i>	55
Figura 26. Min. Opacos, carbonatos y silicificación.	56
Figura 27. Cuarzo, vetilla de minerales opacos bordeada con hematita, cuarzo metamórfico y alteración sericítica.	57
Figura 28. Vetillas de minerales opacos.	58
Figura 29. Zona cataclástica, plagioclasas sercicitizandose y cuarzo.	59
Figura 30. Mineralización de pirita y galena.....	60
Figura 31. Minerales arcillosos, cordierita, cuarzo y pirita esqueletal.	61
Figura 32. Augita, plagioclasa, cuarzo, sericíta.....	63
Figura 33. Epidota, sillimanita, cuarzo.	65
Figura 34. Gneis con Carbonatos, cuarzo, epidota, anfíboles.	66
Figura 35. Anfíboles, epidota, granate y piroxenos en Gneis.	67
Figura 36. A y B. Riegos de cuarzo encontrados en campo.	71
Figura 37. A y B Trabajos antiguos colapsados, con riegos de cuarzo.....	72
Figura 38. Afloramiento de veta de cuarzo en Veta Victoria.	73
Figura 39. Muestras de mano con sulfuros.....	74
Figura 40. Núcleo con pirita en forma de parches asociado a fallas.....	76
Figura 41. Veta de cuarzo con sulfuros en agregados finos.....	77
Figura 42. Zonas de alteración en Veta Victoria.	80

RESUMEN

TITULO: FACTORES GEOLÓGICOS LITOSTRUCTURALES RELACIONADOS CON LA MINERALIZACIÓN EN EL ÁREA DE VETA VICTORIA, DISTRITO MINERO SEGOVIA-REMEDIOS, ANTIOQUIA.*

AUTOR: SANDRA MILENA SALAZAR ARDILA.**

PALABRAS CLAVES: Oro orogénico, Alteraciones hidrotermales, depósitos minerales, Mineralización.

DESCRIPCIÓN:

La cartografía es una de las técnicas principales usada en la etapa de exploración para cualquier tipo de depósito, que brinda la información necesaria para el conocimiento previo de las características geomorfológicas, litológicas y estructurales de un área de estudio. Por ello el objetivo de este trabajo se basó en realizar la cartografía y caracterización de dichos factores en el sector conocido como Veta Victoria, corregimiento de Santa Isabel, Municipio de Remedios, Antioquia.

Por medio de la fotointerpretación se identificó lineamientos que probablemente son posteriores al emplazamiento de la veta e influyeron en los movimientos y/o desplazamientos que ésta ha tenido, además se reconoció la existencia de dos cuerpos litológicos; uno metamórfico representado por un gneis y un cuerpo ígneo intrusivo representado por una granodiorita, se logró evidenciar que la Veta Victoria es una estructura con tendencia Este-Oeste buzando al Norte con una continuidad en el rumbo de 500m aproximadamente.

Con base en las características más representativas encontradas en la etapa de campo y el análisis de muestras de mano y secciones delgadas, se encontró la presencia de alteraciones hidrotermales, precipitación de sulfuros principalmente pirita, galena y algo de esfalerita, óxidos y carbonatos que indican que el depósito puede ser de tipo Oro Orogénico, sin embargo es necesario realizar estudios más detallados tanto estructurales como geoquímicos para determinar las condiciones del fluido mineralizante.

*Trabajo de grado.

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

ABSTRACT

TITLE: LITOSTRUCTURAL GEOLOGICAL FACTORS RELATED WITH THE MINERALIZATION IN VETA VICTORIA, SEGOVIA-REMEDIOS, ANTIOQUIA MINING DISTRICT AREA.*

AUTHORS: SANDRA MILENA SALAZAR ARDILA.**

KEY WORDS: Orogeny Gold, Hydrothermal alteration, mineral deposits, mineralization.

DESCRIPTION:

Mapping is one of the main techniques used in the early stages of mineral exploration for any type of mineral deposit, giving the necessary information for the previous knowledge of geomorphologic, lithological and structural features of a particular area of study. This is why the objective of this work was based on the geological mapping and characterization of such factors in the Veta Victoria sector, Santa Isabel locality, Remedios – Antioquia.

Interpretation of air photographs identified structural lineaments probably younger than the emplacement of the quartz vein, moving and displacing it. The interpretation also identified a metamorphic unit (gneiss) intruded by a granodiorite. It was evidenced that Veta Victoria has an E-W trend dipping N with a continuity of at least 500 m along strike.

Based on the most representative characteristics found during the field stage and the analysis of hand specimens and thin sections; it was evidenced the action of hydrothermal alterations and sulphide deposition, mainly pyrite, galena, minor sphalerite, oxides and carbonates indicating that this vein could belong to the Orogenic Gold Deposits type. However more detailed structural and geochemical studies are required to determine the characteristics of the mineralizing fluids.

*Degree Work.

**Faculty of Physicochemical engineering. Geology school. Director: Julián Andrés López Isaza

INTRODUCCIÓN

El Nordeste antioqueño en su historia reciente es conocido por ser una región de economía basada en la minería principalmente de oro en veta y de aluvión. Este distrito, caracterizado por la ocurrencia de depósitos vetiformes tectónicamente controlados (González *at al.*, 2010), ha sido aprovechado por mineros artesanales de la región y por la Frontino Gold Mines desde 1852. En la actualidad nuevas empresas han llegado a este distrito para exploración y aprovechamiento económico del mineral.

En este estudio realizado en el área de Veta Victoria, ubicada en el corregimiento de Santa Isabel, Municipio de Remedios – Antioquia, mediante diferentes técnicas básicas de exploración, se analizaron las cualidades lito-estructurales que contribuyeron al emplazamiento de la estructura mineralizada y que controlan la misma.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Históricamente, la minería de Oro ha sido parte fundamental en el desarrollo del Distrito Minero de Segovia - Remedios (DMSR), ya que esta ocupa su principal renglón económico. A pesar de la intensa actividad extractiva del distrito, aún no se tiene definido un modelo geológico que explique las características de los depósitos vetiformes del distrito. Esto puede explicarse parcialmente por la poca cantidad de estudios científicos rigurosos adelantados en el sector, su dificultad de acceso e historial de violencia.

No obstante dentro de la información bibliográfica de la zona podemos mencionar el trabajo de Manco (2010), quien enfoca su estudio en la paragénesis mineral e inclusiones fluidas del sistema vetiforme DMSR. González *et al.* (2010), hacen una descripción de las unidades litológicas encontradas en la parte oriental del DMSR y definen algunos patrones estructurales dominantes. Rodríguez (2007) quien hizo un aporte en la evolución metalogénica y la afinidad que el DMSR pueda tener con un sistema de oro orogénico.

Los depósitos de oro orogénico se caracterizan principalmente por el desarrollo de vetas de cuarzo y están coligados a zonas de convergencia o bloques colisionales, donde se generan sistemas de fallas regionales que pueden llegar a ser muy profundas (Rodríguez, 2007).

Para nuestro estudio es importante, determinar la forma en que diferentes factores geológicos han influenciado en el emplazamiento y la posición de la veta mineralizada tanto en superficie, como en profundidad y la relación que tienen con los eventos ocurridos a nivel regional. Basados en datos de sondeos, superficiales, mapeo y petrografía, se correlacionará con un modelo metalogénico.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Caracterización de los factores lito-estructurales relacionados con la mineralización en el área de Veta Victoria, Corregimiento de Santa Isabel, Remedios – Antioquia.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudiar las características litológicas, mineralógicas y estructurales de las rocas encajantes y de la mineralización en el área de Veta Victoria.
- Identificar el control estructural de la mena en el área de Veta Victoria.
- Correlacionar el tipo de depósito con un modelo metalogénico existente, para el área de estudio que se ajuste a las características que presenta.

3. JUSTIFICACIÓN

El Distrito Minero de Segovia Remedios ubicado en el Nordeste Antioqueño, se ha caracterizado por ser una de las zonas auríferas más importantes del país, cuya producción artesanal data desde la colonia (Manco *et al.* 2010). En ésta área el oro está asociado principalmente a filones o vetas de cuarzo mineralizadas y oro de aluvión en menor proporción, producto de factores erosivos en las vetas. A pesar de esto la zona carece de información geológica y de un modelo metalogénico que establezca una relación directa entre la mineralización y los eventos ocurridos a nivel regional, la forma en que la tectónica afecta la disposición de las vetas, su relación con la historia geológica y los procesos dominantes para la precipitación de metales.

Teniendo en cuenta que la exploración geológica de superficie es la herramienta principal en la recolección de información primaria, esta es usada en etapa inicial con el objetivo de reconocer las características lito-estructurales del área de estudio.

De este modo, estos factores relacionados con diversos estilos estructurales y contextos tectónicos son significativos, para determinar características correlacionables con un modelo de depósito.

Por tanto la importancia de realizar este estudio radica inicialmente en hacer una contribución a la geología de la zona y definir las cualidades del depósito. A su vez proporcionar información que sirva para determinar nuevos prospectos exploratorios, que sean económicamente factibles.

4. GENERALIDADES

4.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

El área de estudio está localizada en el Corregimiento de Santa Isabel, Municipio de Remedios – Antioquia y hace parte del Distrito Minero de Segovia - Remedios. El municipio de Remedios limita al Norte con el municipio de Segovia, al Nordeste con los municipios de San Pablo y Cantagallo (Departamento de Bolívar), al Este con los municipios de Yondó y Puerto Berrío, al Oeste con los municipios de Yalí, Vegachí y Amalfi y al Sur con el municipio de Yolombó (Figura 1).

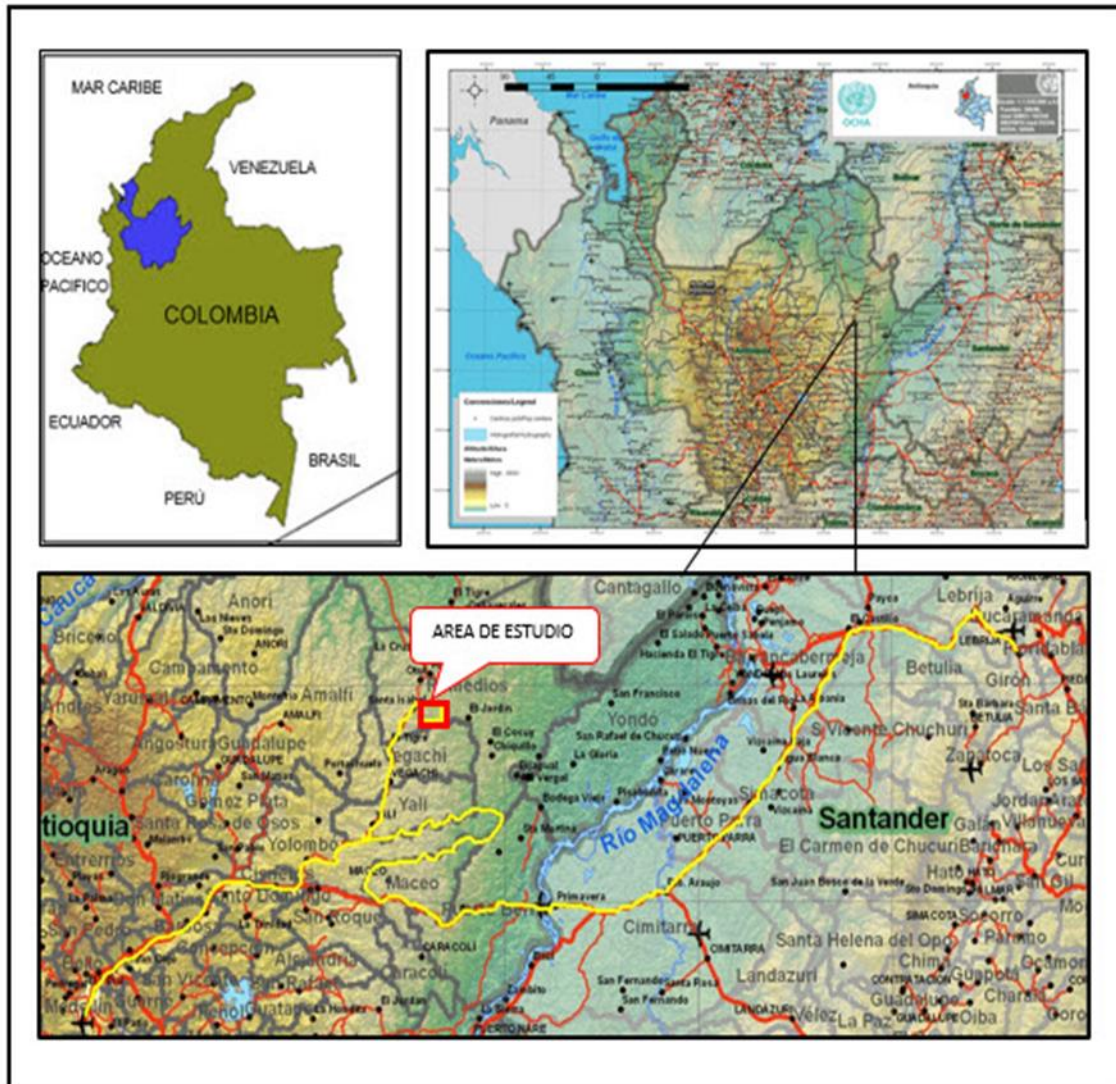
El área de Veta Victoria se encuentra localizada en el corregimiento de Santa Isabel, en el municipio de Remedios, en alturas que comprenden los 600 y 800 msnm (Figura 1), y se encuentra enmarcada por las coordenadas planas de acuerdo con la proyección de gauss con origen Bogotá: (X: 927000, Y: 1258390; X: 928550, Y: 1257300).

4.2 VÍAS DE ACCESO

La vía de acceso principal desde la ciudad de Medellín es por la troncal del Nordeste, con vía pavimentada que pasa por los municipios de Barbosa, Porce, Yolombó, Yalí, Vegachí y Santa Isabel, con una distancia total de 200km.

Desde la ciudad de Bucaramanga se accede por la vía que conduce a la ciudad de Medellín. Esta vía se encuentra pavimentada y pasa por los municipios de La Lizama, Puerto Araujo, Puerto Berrío, La Floresta. Una vez en Floresta, se toma el desvío hacia el municipio de Maceo avanzando por carretera destapada hasta el municipio de Yalí y tomando nuevamente la troncal del Nordeste pasando por los municipios de Vegachí y Santa Isabel (Figura 1).

Figura 1. Localización Geográfica del área de estudio.



Las líneas amarillas dibujadas en el zoom del mapa de Antioquia a escala 1:1.550.000, muestran las vías de acceso desde la ciudad de Bucaramanga y de Medellín hasta el área de estudio. Tomado de http://www.colombiassh.org/site/IMG/png/Antioquia_A3.png

5. ANTECEDENTES, MARCO TEÓRICO Y METODOLOGÍA

5.1 ANTECEDENTES

Feininger *et al.* (1972), en el marco del Inventario Minero Nacional, cuyo objetivo fue evaluar los recursos minerales de cuatro zonas seleccionadas del país (dentro del departamento de Antioquia principalmente y los departamentos de Caldas y Tolima), excluyendo: petróleo, esmeraldas, carbón y oro aluvial, realizó la cartografía geológica 1:100000 cuyo resultado fueron las planchas 19 hojas 1 y 2.

Álvarez *et al.* (2006) definieron la geología de la zona de influencia de la Falla Otú-Pericos, a partir de un análisis del comportamiento dinámico-estructural de dos bloques (Occidental y Oriental) generados por la falla. Determinaron una diferencia en el grado de metamorfismo del basamento, definiendo que la historia deformativa se desarrolló en tres etapas en el bloque W y en dos etapas en el bloque E, siendo este último el de mayor mineralización vetiforme.

Rodríguez (2007) realizó un aporte a la geología del Distrito Minero de Segovia Remedios indicando que el depósito es de tipo Oro Orogénico y lo define como un complejo tectónico magmático postcolisional, que generó un fallamiento profundo encargado del transporte de los fluidos mineralizantes, acompañado de una etapa posterior de esfuerzos estructurales que se encargaron de abrir los espacios para la precipitación de los minerales. A su vez lo enmarcó dentro del evento geológico regional de la evolución geológica de la porción norte de la Cordillera Central de Colombia.

Echeverry Castañeda *et al.* (2009) realizó un aporte a la génesis de los sistemas vetiformes de El Silencio, Vertical, Cogote y Providencia, se identificaron dos momentos para la generación de estructuras y dos momentos de emplazamiento de fluidos mineralizantes, desarrollados durante la actividad del Sistema de Fallas

Otú-Pericos. Se enfocaron principalmente en el sistema Providencia propuesto inicialmente por Echeverry (2006) y concluyen que éste fue el último sistema generado, debido a que corta las estructuras de los anteriores.

Manco (2010) realizó un estudio de la paragénesis mineral y microtermometría en inclusiones fluidas de los sistemas vetiformes del DMSR en el área de explotación de la antigua Frontino Gold Mines, donde definió tres etapas de depositación de las mineralizaciones: 1) Premineral, con depositación de pirita, cuarzo y esfalerita. 2) Mineralizante, con la depositación de grandes volúmenes de sulfuros y precipitación del oro. 3) Posmineral, donde se presenta reactivación del sistema vetiforme y depositación incipiente de cuarzo y pirita en forma de vetilleo, sin evidencias de mineralización de interés económico.

Ordoñez *et al.* (2010) realizaron un estudio de la cartografía geológica y estructural realizada en la parte oriental del (DMSR), donde describieron las principales unidades litológicas encontradas, alteraciones hidrotermales y principales patrones estructurales que afectan dichas unidades, además de la relación que estos tuvieron con la mineralización.

5.2 CONFIGURACIÓN TECTÓNICA

Colombia se encuentra ubicado en la zona de convergencia de las placas tectónicas Nazca, Sudamericana y Caribe, donde ha habido desarrollo de diversos y sucesivos eventos tectono-magmáticos que actúan sobre la corteza generada que está exactamente arriba de la zona de subducción de las placas, desarrollando un ambiente geológico muy complejo (Montes *et al.*, 2004 en Rodríguez 2007).

Durante el Mioceno la placa oceánica Nazca inició el proceso de subducción bajo la placa Sudamericana generando los Andes Colombianos, con desarrollo de

zonas de alta sismicidad, actividad volcánica y grandes sistemas de Fallas. A su vez esta corteza generada en la parte superior de la zona de subducción, que está compuesta por terrenos amalgamados, es sometida a esfuerzos que ocasionan un fraccionamiento de la misma en sub-bloques separados por fallas regionales, como es el caso del Sistema de Fallas Otú Pericos considerado como el límite entre los terrenos; Chibcha al Oriente y Tahamí al Occidente (Restrepo y Toussaint (1988), en Álvarez et al. 2006).

Estos grandes sistemas de fallas en un contexto transcurrente facilitan el transporte de fluidos hidrotermales tanto de origen ígneo como metamórfico, favoreciendo además el emplazamiento de diferentes tipos de depósitos minerales. Este ambiente permitió que dichos fluidos hidrotermales y/o soluciones mineralizadas, bajo condiciones de presión y temperatura apropiadas precipitaran al entrar en contacto con las rocas caja de composición granítica y gnéisica, generando zonas de alteración y por consiguiente la acumulación de grandes depósitos minerales, como el Distrito Minero de Segovia Remedios, caracterizado por la presencia de grandes estructuras auríferas vetiformes.

De acuerdo con Rodríguez (2007), el depósito vetítico desarrollado en el Distrito Minero de Segovia Remedios, es el resultado de un episodio geológico paleogénico, que está conformado por la unión de terrenos acrecionados que colisionan contra una porción del continente suramericano y contribuyó con la formación de depósitos de oro orogénico.

5.3 MARCO TEÓRICO

En el marco teórico es relevante mencionar términos o definiciones básicas que se consideran necesarias para desarrollo del trabajo, basados en una revisión bibliográfica previa de los trabajos realizados en el área de estudio y zonas cercanas. En este caso, se tiene que a nivel regional el depósito se presenta en

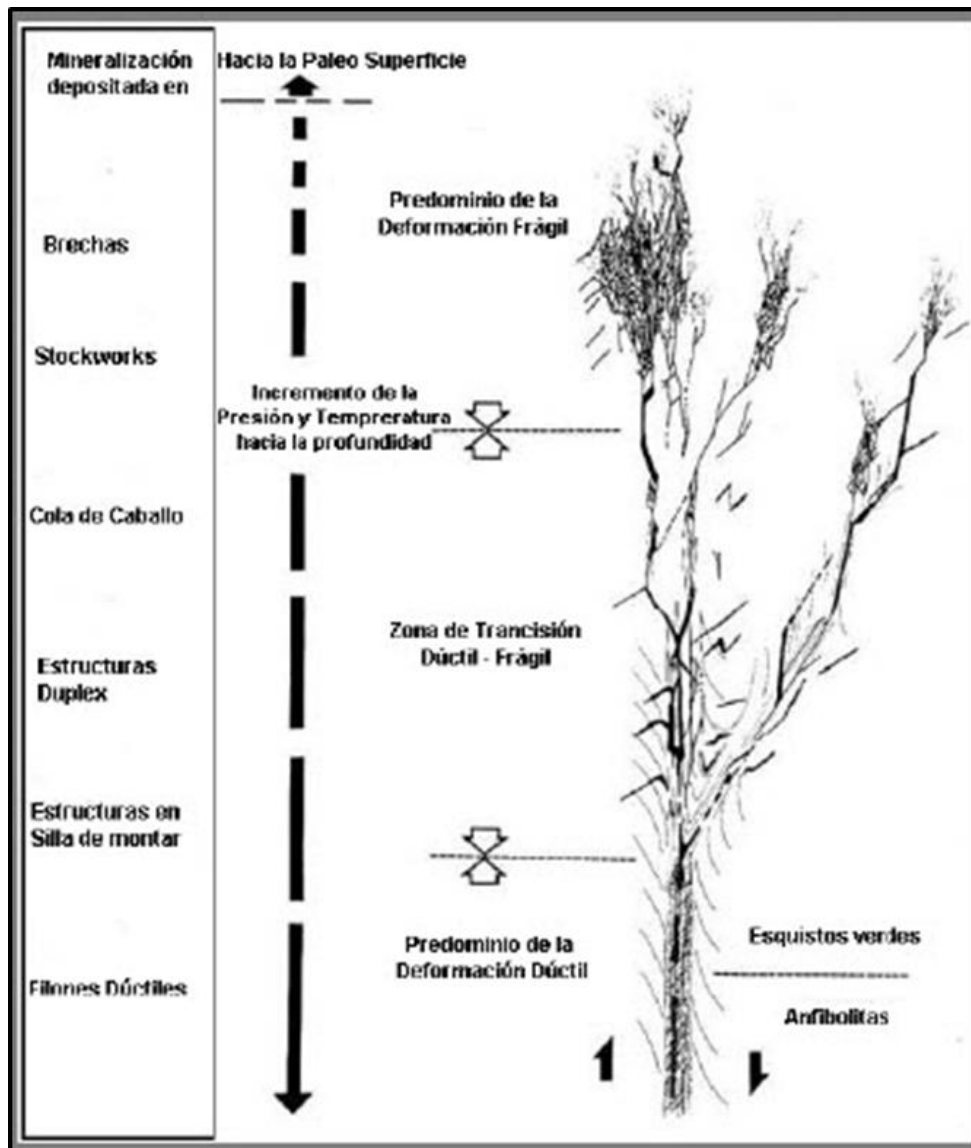
forma de vetas, y algunos autores lo asocian a depósitos hidrotermales de tipo Oro Orogénico es importante por ello mencionarlo.

5.3.1 Depósitos de oro orogénico. Los depósitos de oro orogénico han sido durante varias décadas objeto de estudio por diversos autores. Estos depósitos se encuentran asociados principalmente a cinturones metamórficos coligados a márgenes de placas convergentes, que han sufrido procesos de enterramiento a grandes profundidades y como consecuencia de esto un cambio en el grado de metamorfismo. Estos depósitos se pueden presentar en litologías de edades que van desde el Precámbrico hasta el Mesozoico (Goldfarb *et al.*, 2001).

Las fallas generadas por la colisión de las placas (Figura 2) son el principal medio de transporte para que los fluidos mineralizantes asciendan y puedan ser acumulados en las rocas que se encuentran cerca a la superficie y bajo las condiciones apropiadas generen los depósitos vetiformes.

De acuerdo con Grooves *et al.* (1998), son mejor llamados depósitos de oro orogénico, debido a que se encuentran ligados a fluidos hidrotermales producto de tectonismo asociado a márgenes convergentes, donde las fallas son parte importante en el transporte y acumulación de los fluidos mineralizantes.

Figura 2. Esquema general del evento de colisión de terrenos.



Modificada Colvine et al. (1989) en Rodríguez (2007)

Su modo de ocurrencia son venas o vetas de cuarzo generalmente con muy poca mineralización, que pueden llegar a extenderse por kilómetros y variar en su espesor.

5.3.2 Alteraciones hidrotermales. Las alteraciones hidrotermales son producto de la interacción de fluidos calientes de diferente proveniencia con los minerales constituyentes de las rocas, ocasionando un intercambio químico que modifica las propiedades originales de la roca caja, a través de procesos como disolución y/o precipitación, que producen destrucción, intercrecimiento, recristalización y/o generación de nuevos minerales.

En este proceso se distinguen varios factores importantes durante el proceso de alteración hidrotermal:

- **Composición y Temperatura del fluido:** El PH del fluido y la temperatura son factores determinantes que favorecen el proceso, entre >acidez y temperatura, mayor influencia tendrá sobre la roca.
- **Presión de fluido:** a > presión > velocidad de inyección de fluido en la roca caja, causando que el intercambio iónico sea más rápido entre los componentes del fluido y los minerales constituyentes de la roca caja.
- **Permeabilidad:** Los planos de falla, cizalla y poros interconectados en la roca, son muy importantes para el transporte y precipitación de grandes volúmenes de fluidos calientes mineralizantes que favorecen la alteración hidrotermal.

Estos factores anteriores cuando actúan sobre una roca ocasionan que se generen nuevas asociaciones de minerales que coexisten bajo las mismas condiciones de presión y temperatura, a la que la roca fue sometida.

La alteración hidrotermal se desarrolla en varias etapas que fueron clasificadas por Meyer y Hemley (1967) en cinco tipos:

- **Propilítica:** Presencia de clorita y/o epidota principalmente y en menor proporción se puede presentar albita, calcita y pirita. Esta alteración está caracterizada por un bajo grado de hidrólisis de los minerales de las rocas y por tanto su posición en zonas alteradas es marginal.
- **Argílica Intermedia:** Presencia de caolinita, montmorillonita, smectita o arcillas amorfas, principalmente reemplazando a plagioclasas, mientras el feldespato potásico hay una significativa lixiviación de Ca, Na y Mg de las rocas. Esta alteración representa un mayor grado de hidrólisis relativo a la alteración propilítica.
- **Sericítica o Cuarzo Sericítica:** Ambos feldespatos (plagioclasas y feldespatos potásicos) se transforman a sericita y cuarzo, con cantidades menores de caolinita. Los minerales máficos se destruyen completamente en este tipo de alteración.
- **Potásica:** Es la alteración de las plagioclasas y minerales máficos a feldespatos potásicos y/o biotita. Se genera mediante un intercambio catiónico con la adición de K a las rocas. Esta alteración no implica hidrólisis y ocurre en condiciones de PH neutro o alcalino a altas temperaturas y se presenta en la porción central o núcleo de las zonas alteradas ligadas al emplazamiento de plutones intrusivos.

5.3.3 Consideraciones estructurales. Los indicadores cinemáticos son un factor importante en campo al momento de hacer un análisis estructural, las fallas, diaclasas, los lineamientos y presencia de estrías de falla son índice de desplazamiento o eventos posteriores a la depositación de cualquier cuerpo litológico, aportando información que permite hacer una reconstrucción de la historia geológica de la zona y/o determinar la secuencia y posición de los cuerpos de roca analizados.

5.4 METODOLOGÍA

5.4.1 Revisión bibliográfica, etapa de oficina. Se inició con recopilación de mapas e información de trabajos previos realizados en el área de estudio a manera local y regional, clasificándolos según el aporte que tuviera para la tesis. Con base en estos antecedentes, se tuvo una información base a partir de la cual se inició el trabajo de campo.

Así mismo, se hizo un reconocimiento de la zona en oficina mediante fotointerpretación aérea y de imágenes satelitales, para reconocer lineamientos, fallas, drenajes, vías de acceso, caminos y estructuras geológicas, demarcando principales focos exploratorios para la etapa de campo.

5.4.2 Geología de campo. Con esta información se procedió a realizar la cartografía y toma de datos, en trabajos antiguos, riegos o bloques de cuarzo rodados y afloramientos, con esta información se generó el mapa cartográfico de la zona. Inicialmente se tuvo en cuenta los focos señalados en la fotointerpretación (cerros) y en segunda instancia y con base en lo visto en campo se procedió a extenderse por diferentes sectores del área de exploración (cañadas, valles, quebradas, ríos, etc.) el objetivo fue cartografiar la zona, haciendo recorridos tanto verticales como horizontales, desde las cañadas hacia los cerros a manera de malla distanciada cada 5m.

Parte importante de esta etapa fue la toma de la mayor cantidad de datos estructurales, de igual forma se realizó un muestreo sistematizado de afloramientos, riegos y trabajos en superficie y de núcleos de perforación.

5.4.3 Laboratorio y organización de datos. Se realizaron secciones delgadas de muestras de interés (roca caja, contactos, veta, mineralizaciones, alteraciones) de los núcleos de algunos pozos perforados en el área, realizando la petrografía de las mismas.

A su vez se les hizo análisis de cianuración por leachwell mediante la técnica de absorción atómica a las muestras de mano tomadas en campo y estos datos se organizaron en una base de datos.

Con los resultados, se programó una etapa de perforación en tres áreas de interés cercanas dentro del título de exploración JV1 (Veta Victoria, Matrona, La Chunga), con el fin de verificar la secuencia de la veta en profundidad, estos sondeos se hicieron a modo de una malla separada cada 50m en la horizontal y en la vertical.

5.4.4 Interpretación y análisis de resultados. Se hizo un análisis comparativo de los objetivos que se querían alcanzar y los resultados obtenidos, en esta etapa ya se tenía, bases de datos que se usaron para modelar la posible posición de la veta(s) en profundidad mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG). Se relacionaron factores geológicos en superficie con los encontrados en profundidad y se determinaron concordancias y cualidades geológicas características de la veta, al igual que diferencias, contactos, entre otros, con los cuales se hizo una discusión para la presentación de los resultados.

5.4.5 Presentación de resultados. En esta etapa se presentaron los objetivos y los resultados obtenidos durante la etapa de investigación y desarrollo del proyecto.

6. MARCO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL

6.1 GEOLOGIA REGIONAL

El marco geológico regional del área del Distrito Minero de Segovia-Remedios está dividido en dos bloques lito-estructurales: Occidental y Oriental (Restrepo y Toussaint, 1988), los cuales se encuentran limitados por el Sistema de Fallas Otú-Pericos (Figura 3). Ambos bloques son considerados parte de dos terrenos llamados Terreno Tahamí al oeste y Terreno Chibcha al este (Restrepo y Toussaint, 1988).

- El Sector Occidental está compuesto principalmente por una secuencia de gneises feldespáticos, alumínicos y cuarzosos, mármoles y anfibolitas, asociados con el Complejo Cajamarca de edad Paleozoico, intruído por los stocks de Santa Isabel y La Culebra. (Ordóñez *et al.*, 2005)
- El Sector Oriental por otro lado está conformado por gneises cuarzosos, mármoles y anfibolitas, rocas consideradas de edad Precámbrico, intruídas por el Batolito de Segovia de edad Jurásico. Las dimensiones del Batolito suman aproximadamente 700 km² en Antioquia. Su prolongación hacia el Sur de Bolívar se conoce como Batolito de Norosí, con una forma elongada de tendencia N-S (González, 2001), y variación composicional que va desde gabros piroxénicos hasta granitos (González, 2001).

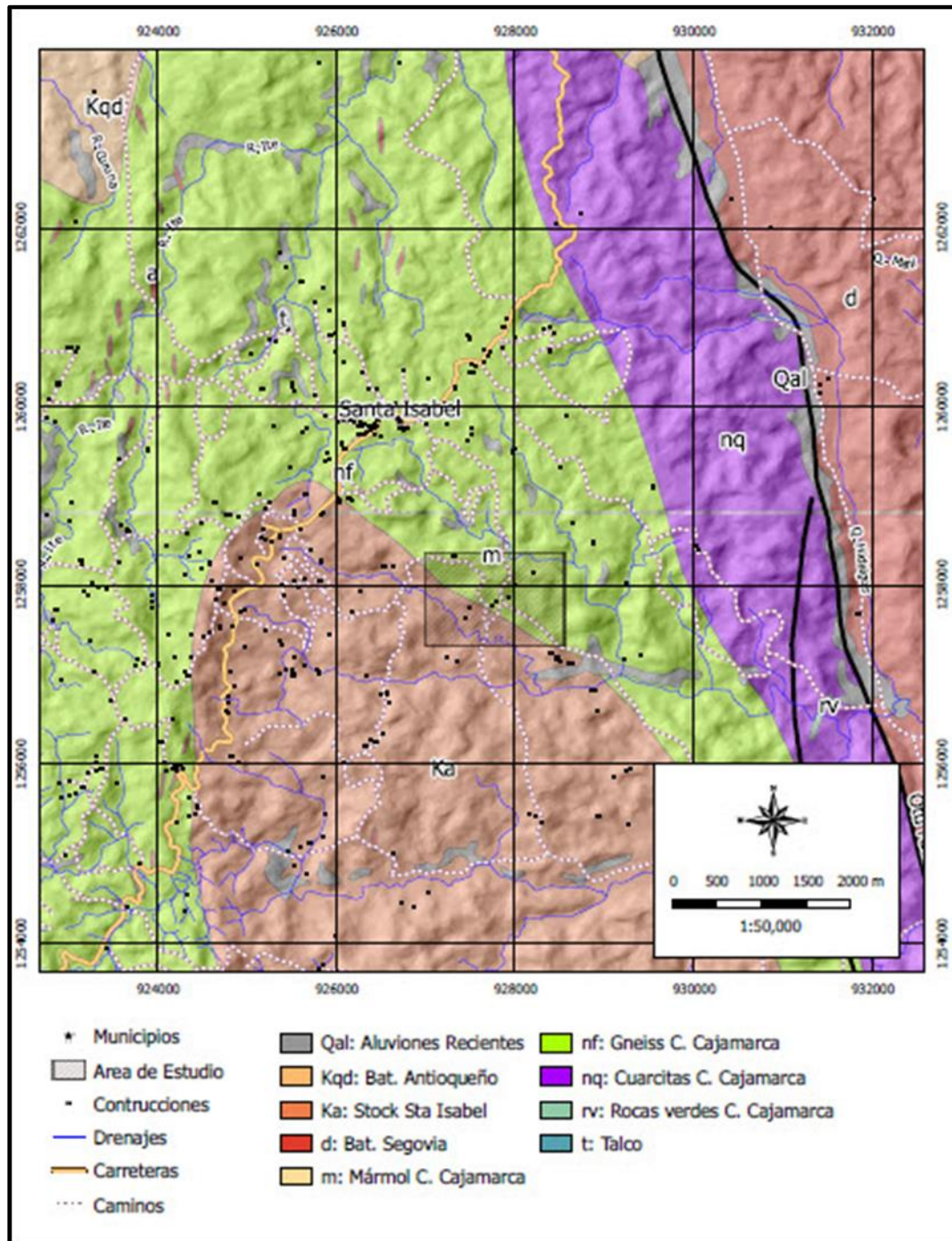
6.1.1 Batolito de Segovia. El nombre de Batolito de Segovia fue dado por Álvarez (1983), para referirse al cuerpo plutónico ubicado en el nordeste antioqueño. En un trabajo previo había sido descrita la parte sur por Feininger *et al.*, (1972), como dioritas y cuarzodioritas ubicadas al este de la Falla de Otú, finalmente González y Londoño (2002) proponen el nombre de Diorita de Segovia.

La Diorita de Segovia es descrita como un cuerpo plutónico batolítico, elongado en dirección norte sur con relación a las estructuras regionales de la Cordillera Central. Tiene una dimensión aproximada de 5600km², con algunos cuerpos cercanos de menor tamaño, genéticamente relacionados (González y Londoño, 2002).

De acuerdo con (Feininger *et al.*, 1972), esta diorita intruye los gneises cuarzo-feldespáticos de edad Precámbrico. Aflora principalmente al este de la Falla de Otú y es de composición variable, de masivas a ligeramente laminadas y fuertemente néisicas algunas de estas pueden llegar a ser cataclásticas (Feininger *et al.*, 1972).

Para Feininger *et al.* (1972) y Álvarez (1983) basados en la textura, composición y contacto con las rocas adyacentes es evidente el origen magmático intrusivo de la diorita. Por su parte Toussaint (1995) plantea que estas rocas hacen parte de un cinturón magmático Colombiano de edad Jurásico, ubicado en el flanco oriental de la Cordillera Central, y que pudo haber sido generado durante un proceso de subducción. Finalmente esta diorita es considerada por Feininger *et al.* (1972), como la roca encajante de los filones de cuarzo aurífero explotados por la Frontino Gold Mines.

Figura 3. Mapa Geología Regional del Distrito Minero Segovia Remedios (DMSR).

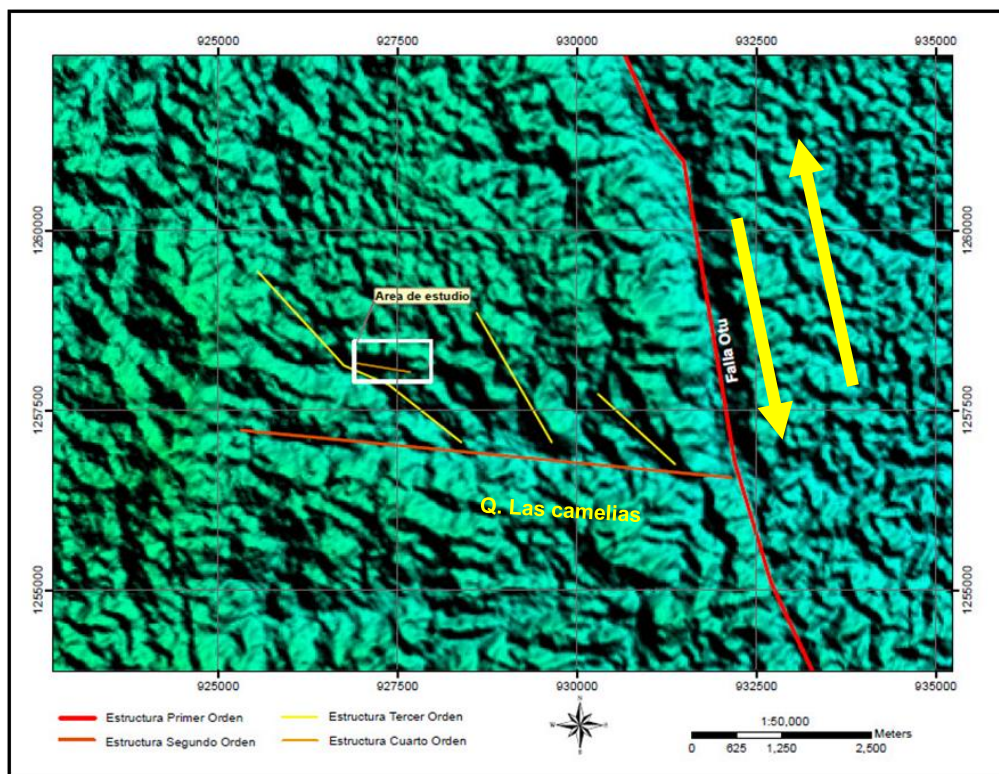


Tomado de Feininger et al. (1972).

6.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

El principal sistema estructural está representado por la Falla Otú–Pericos. Este presenta una disposición N – N10W, siendo una falla Rumbo con componente sinestrolateral (Feininger *et al.*, 1972). Este sistema ha contribuido a la formación de estructuras secundarias que son evidentes en la zona de estudio y se aprecian en las geoformas identificadas en la fotointerpretación. Mediante al interpretación de la imagen satelital se reconoció la presencia de algunos lineamientos, derivados de esta estructura primaria (Figura 4). Basados en los recorridos hechos en campo se observó que posiblemente estos lineamientos fueron posteriores al emplazamiento de la veta y han influido con desplazamientos posteriores de la misma, se pudo comprobar que no interrumpen la secuencia deposicional de la veta. Sin embargo no hay una evidencia clara de estas estructuras.

Figura 4. Imagen Satelital del área de estudio.

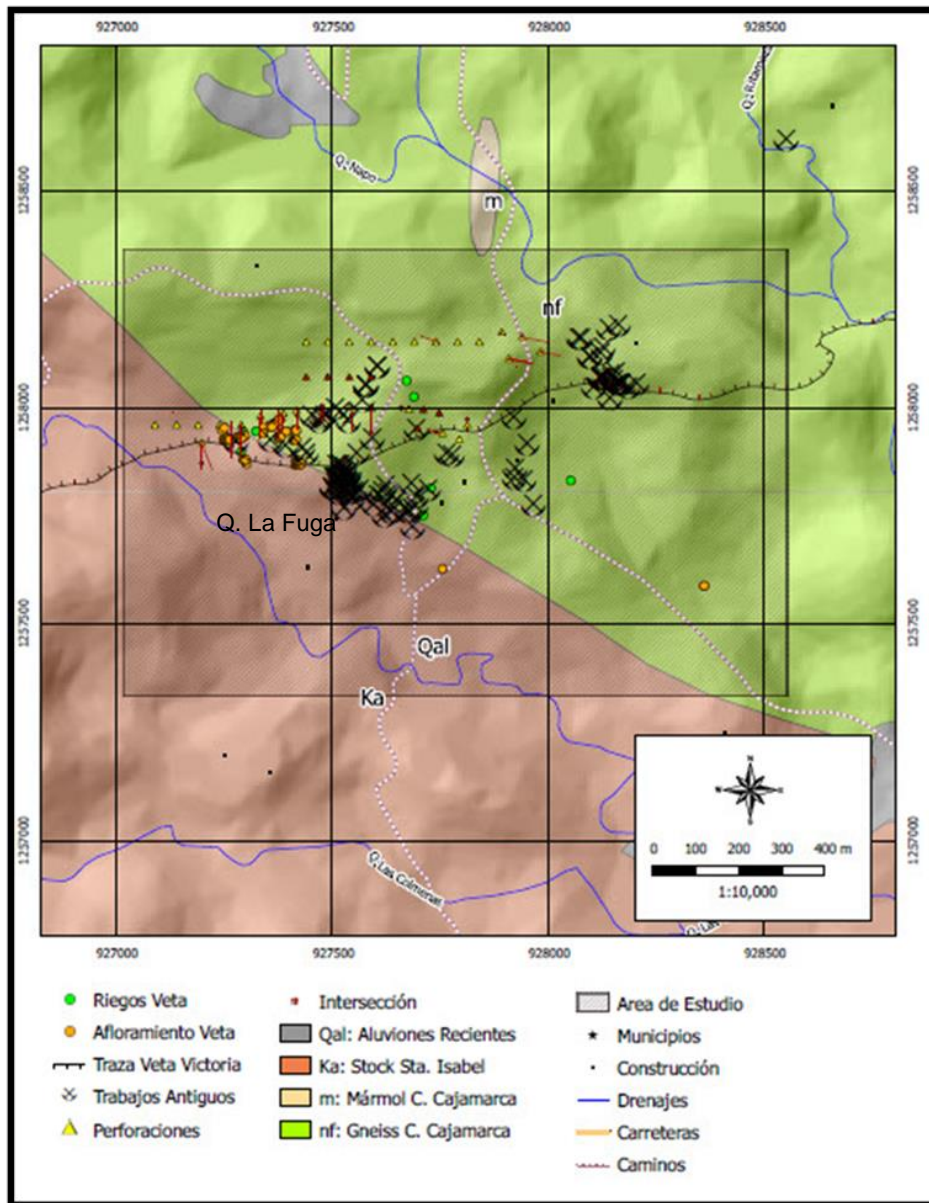


Fuente autora del proyecto

6.3 GEOLOGÍA LOCAL

De acuerdo con Feininger *et al.* (1972), la geología local está dominada por la presencia de plutones definidos como stocks al sur de Santa Isabel, de edad Cretácico Inferior. Dentro de las unidades presentes se encuentran:

Figura 5. Mapa Geológico de Veta Victoria.

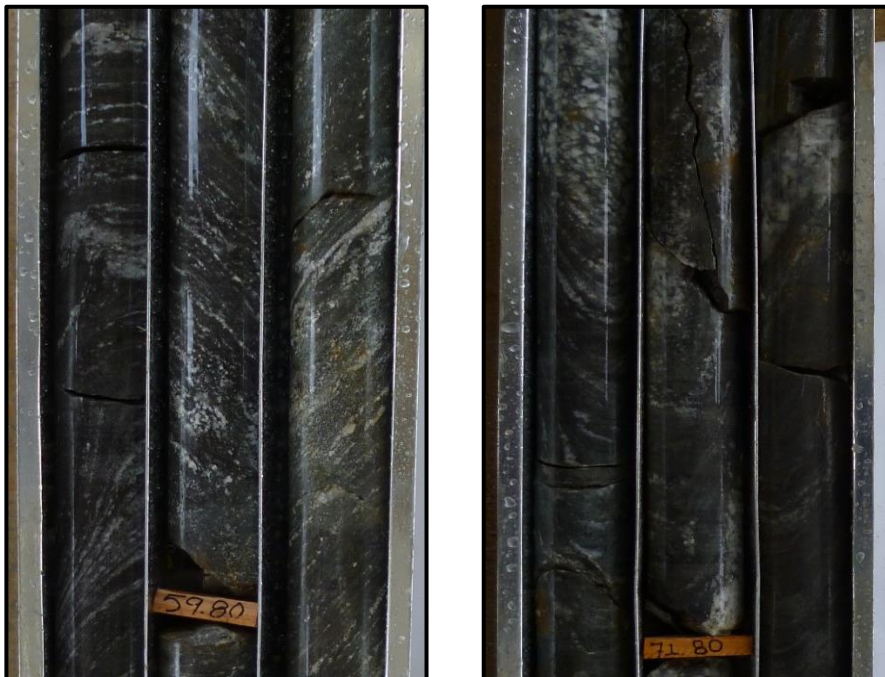


Fuente autora del proyecto.

6.3.1 Rocas metamórficas. Esta unidad se encuentra por lo general meteorizada a suelos rojizos, aunque localmente se encuentran afloramientos de gneis saprolitizado que conserva la textura bandeada. Sin embargo, basados en información recolectada en túneles exploratorios y perforaciones realizadas, estas rocas han sido clasificadas como gneis que varía su composición entre anfibolítico y biotítico, con textura bandeada (Figura 6). Esta unidad de roca se encuentra como encajante de la veta mineralizada y/o en contacto con la granodiorita.

En algunos pozos el gneis presenta sulfuros diseminados, entre los que se diferencia pirita, arsenopirita y galena en formas euhedrales a anhedrales, aunque también se pueden observar como aglomerados, cristales definidos o en parches, y asociados principalmente a fracturas, notorias en zonas cercanas a emplazamiento de la veta.

Figura 6. Gneis fresco en núcleos de perforación de Veta Victoria.



En perforaciones es común encontrar gneis anfibólico fresco con textura bandeada bien definida, localmente con anfíboles cloritizándose, en donde las bandas félsicas están compuestas por cristales de cuarzo y plagioclasa a manera de porfidoblastos de tamaños similares. En algunos pozos el gneis presentaba plegamiento en las bandas, como evidencias del metamorfismo dúctil que afectó la roca (Figura 7a). En ocasiones los cristales de plagioclasa y cuarzo de las bandas félsicas presentaban mayor tamaño, dando un aspecto migmatítico (?) o una posible recristalización (Figura 7b).

La textura dominante de esta roca metamórfica lepidoblástica y nematoblástica, a manera local y en zonas cercanas a contacto con otra litología el gneis presenta leucosomas graníticos evidenciados por engrosamiento de las bandas con cristales de tamaños más gruesos, redondeados, indicando un evento sintectónico de generación de estas bandas.

Esta unidad coincide con lo que sería las rocas metamórficas del Complejo de Cajamarca de Edad Paleozoico Tardío, siendo la unidad más abundante en el flanco este de la Cordillera Central (Feininger *et al.*, 1972). Feininger *et al.* (1972) las clasifican como las rocas metamórficas al nordeste de la Cordillera Central, y las describe como un conjunto de gneises feldespáticos, alumínicos, esquistos sericíticos, cuarcitas, mármoles y esquistos grafitosos ubicados al oeste de la Falla de Otú.

Figura 7a. Gneis con leucosoma granítico plegado. Figura 7b. Gneis con leucosoma granítico.



En algunos sectores se observa el gneis biotítico con microplegamiento en las bandas. Este gneis se encuentra en contacto neto con una granodiorita leucocrática silicificada (Figura 7a). Localmente el gneis presenta recristalización de los minerales félsicos dispuestos en bandas que sugiere la ocurrencia de fusión parcial en los gneises (Figura 7b).

Estas venas leucocráticas en la roca son interpretadas como leucosomas graníticos, compuestos por plagioclasas y cuarzo a manera de bandas gruesas con espesores que varían entre 2 y 8 cm, y se desarrollan de forma concordante con el bandeamiento del gneis. Generalmente, se presentan en las rocas que han sido afectadas por metamorfismo regional o en zonas cercanas a intrusiones, para este caso lo más probable es que sean evidencia de la cercanía al contacto intrusivo entre el gneis del Complejo Cajamarca y el Stock de Santa Isabel (Granodiorita de Santa Isabel).

6.3.2 Stock (Granodiorita) de Santa Isabel. Esta unidad se encuentra en afloramiento como roca saprolitizada poco competente, ubicada hacia la parte occidental del área de estudio que se encuentra en contacto con el gneis, esto se puede evidenciar haciendo el recorrido por las cañadas y quebradas.

La composición predominante es granodiorítica, con textura fanerítica holocristalina hipidiomórfica inequigranular, compuesta por biotita y anfíbol, la alteración predominante que afecta a esta roca es silicificación. A profundidades someras presenta alto grado de oxidación y fracturamiento (Figura 8a), y con el incremento de profundidad adquiere características de una roca fresca competente (Figura 8b).

Cuando es encajante de la veta mineralizada, presenta alto grado de silicificación en ocasiones con sulfuros (Figura 9a), en zonas de contacto con el gneis, la roca presenta cierta orientación de los minerales (Figura 9b).

Este Granitoide se correlacionó mediante geología regional con el Stock de Santa Isabel definido por Feininger *et al.* (1972) como un cuerpo alargado en dirección N25°W, paralelo a las estructuras regionales, localizado en la parte Norte de la Cordillera Central, en el Departamento de Antioquia, con una extensión aproximada de 130km². Es intrusivo en las rocas metamórficas del Complejo Cajamarca y es intruído a su vez por el Batolito Antioqueño (González. 1997).

Los afloramientos de roca granodiorita fresca al igual que los de roca metamórfica son escasos, pero son visibles a manera de capas gruesas de saprolito en superficie.

Figura 8a. Granitoide alterado.



Figura 8b. Granitoide fresco.



Teniendo en cuenta las características texturales la roca se clasificó como ígnea intrusiva plutónica y según su composición mineralógica con un porcentaje de cuarzo (40%), plagioclasa (50%) y feldespato potásico (10%) y basados en el triángulo de clasificación de Streckeisen para rocas ígneas intrusivas plutónicas, la roca es llamada Granodiorita con variaciones a diorita.

Los minerales máficos que la componen son anfíboles y biotitas euhedrales. Las alteraciones que afectan la roca son principalmente silicificación y cloritización que afecta plagioclasas y máficos.

Figura 9a. Silicificación.



Figura 9b. Contacto entre gneis y Granitoide.



6.4 CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES DE LA ZONA

Se encontró grandes afloramientos de veta, generalmente muy fracturada y oxidada, con poco porcentaje de sulfuros y desarrollo de oquedades que en ocasiones mostraba hábito drusiforme. En algunos afloramientos fue posible encontrar estructuras que indicaban eventos posteriores al emplazamiento de la veta. Dentro de estos tenemos:

6.4.1 Estructuras planares. Las estructuras planares encontradas corresponden a las vetas de cuarzo que tienen espesores de hasta 1,20m encajadas en la granodiorita y el gneis, generalmente se presentan muy fracturadas (Figura 10), en general se encontró una tendencia estructural de las vetas al presentarse a manera de planos, causados por posible dinámica que causó fracturamiento paralelo al buzamiento en la veta.

Figura 10. Afloramiento de Veta de Cuarzo en Veta Victoria.



Nótese la veta de cuarzo con dirección 313° y un buzamiento 54°

La veta de cuarzo lechoso contiene poco porcentaje de sulfuros diseminados. También se observa la familia de diaclasas paralelas al buzamiento de la veta con dirección 313° y un fracturamiento perpendicular (Figuras 10 y 11).

Figura 11. Diaclasas en Veta Victoria.



Adicionalmente hay presencia de diaclasas en la veta de cuarzo, con dirección 230° paralela al azimut del afloramiento, con inclinación 25° (Figura 11). La veta está altamente meteorizada y fracturada. Dentro de las estructuras planares cabe mencionar el bandeamiento de la roca metamórfica tipo gneis que hace parte de la litología de la zona, desarrollado a manera de bandas paralelas de minerales máficos y félsicos.

Por medio del análisis de diagramas de rosas y polos, realizados con los datos tomados en campo para vetas (Figura 12a y 12b), diaclasas (Figura 13a y 13b) y foliaciones (Figura 14a y 14b) se determinó la tendencia general y comportamiento estructural de cada uno de ellos.

Figura 12a. Diagrama de rosas para vetas.

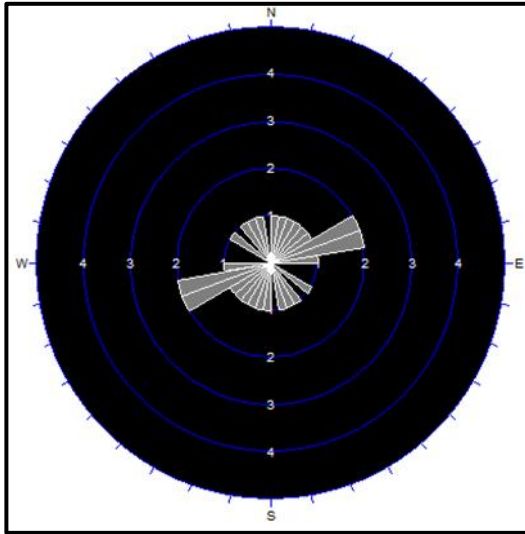
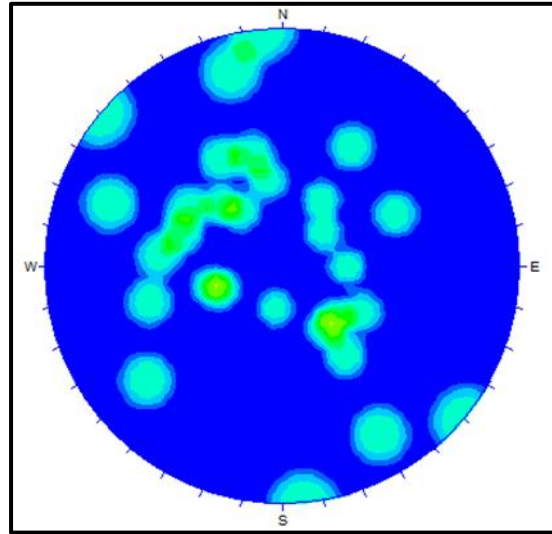


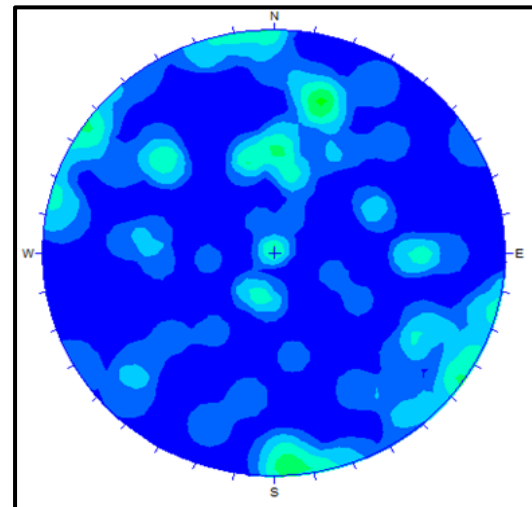
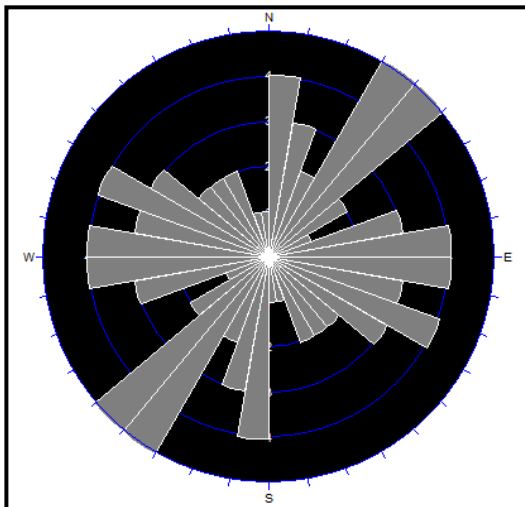
Figura 12b. Diagrama de polos para vetas.



Fuente autora del proyecto

En este caso los diagramas nos indican que la tendencia de las vetas encontradas son casi E-W buzando hacia el N, mientras las diaclasas se dividen en dos o tres grupos o familias con tendencia preferencial NE-SW, E-W y en menor proporción N-S.

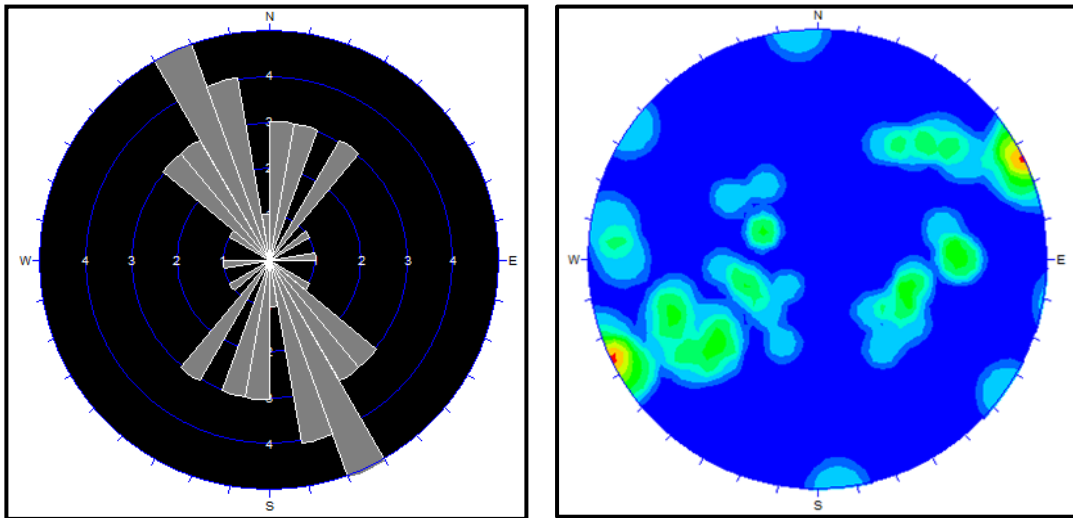
Figura 13a Diagrama de rosas para diaclasas. Figura 13b Diagrama de polos para diaclasas.



Fuente autora del proyecto

Finalmente las foliaciones correspondientes con una de las rocas encajantes de la mineralización tendrían dirección preferencial NE y NW y son paralelas con una de las familias de diaclasas encontradas.

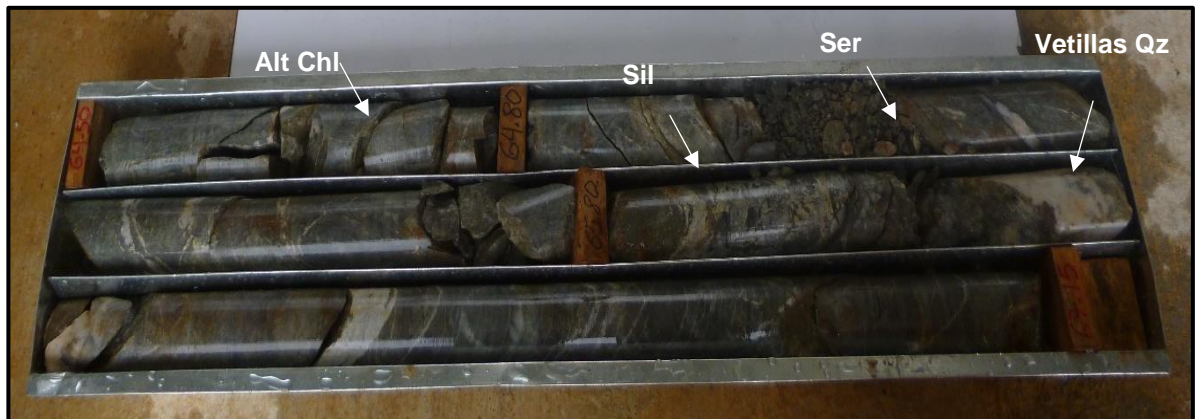
Figura 14a Diagrama de rosas para foliaciones. Figura 14b Diagrama de polos para foliaciones.



Fuente autora del proyecto

6.4.2 Lineamientos, fallas e indicadores cinemáticos. La presencia de pequeñas fallas se observó en los núcleos de perforación, identificando tramos muy fracturados con roca poco competente, que se encontraba en medio de litologías competentes, la alteración presente en estas zonas estaba dominada por sericita, clorita y presencia de sulfuros diseminados (Figura 15).

Figura 15. Zona de falla en gneis.



Con alteración sericítica desarrollada en zonas de fractura, vetillas de Qz y alteración clorítica de los máficos y en menor proporción silicificación.

En este caso se observan zonas de falla que afectan la roca metamórfica gneísica, en donde es común la secuencia gneis competente, seguido de un tramo de gneis muy fracturado con alteración sericítica y presencia de sulfuros y finalmente roca dura. Dentro de los indicadores cinemáticos se encontró la presencia de estrías de falla indicando que procesos tectónicos posteriores al emplazamiento de los filones mineralizados actuaron sobre ella (Figura 16).

Figura 16. Foto de afloramiento y detalle de las estrías de falla.



Dirección 335° donde la presencia de estas estrías indica que el bloque superior tiene desplazamiento cinemático inverso dextral. a. foto de afloramiento b. foto detalle.

El desplazamiento principal de los bloques de cuarzo encontrados en los afloramientos en el sector de veta victoria, indican la presencia de una falla cercana que actúa en el sector y que probablemente es posterior al emplazamiento del cuerpo mineralizado, esto se puede evidenciar por fracturamiento de la veta, bloques desplazados y la presencia de planos con estrías de falla que indican movimiento.

Sin embargo en campo no fue posible corroborar el tipo de falla debido a la gruesa capa de material saprolitizado y espesos bosques. En uno de los túneles exploratorios fue visible de igual forma otra falla que se identificó en el apique principal y en uno de los niveles. Por medio de la interpretación en perfil de los datos estructurales de la misma, se corroboró que el desplazamiento correspondía con el de una falla normal. En este caso fue visible que afectaba la roca caja y la veta. Con la traza del plano de falla en perfil se logró hacer una proyección del mismo en profundidad para poder determinar la distancia a la cual se volvería a encontrar el plano de falla en caso de continuar el nivel en la misma dirección y determinar al mismo tiempo el desplazamiento que este podría causar en la veta. Finalmente la cinemática de la falla corresponde al de una falla normal que genera un salto hacia abajo en la veta del bloque colgante.

7. CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS

7.1 CARACTERÍSTICAS TEXTURALES Y MINERALÓGICAS

La descripción petrográfica de las secciones delgadas se realizó en el laboratorio de Microscopía óptica de la Facultad de Ingenierías Físico Químicas de la Universidad Industrial de Santander. Para el estudio y análisis de las características mineralógicas del área de estudio se tomaron 6 muestras de los núcleos de perforación correspondientes con la veta, zonas de alteración proximal, media, distal y de las rocas encajantes (Granitoide y Gneis).

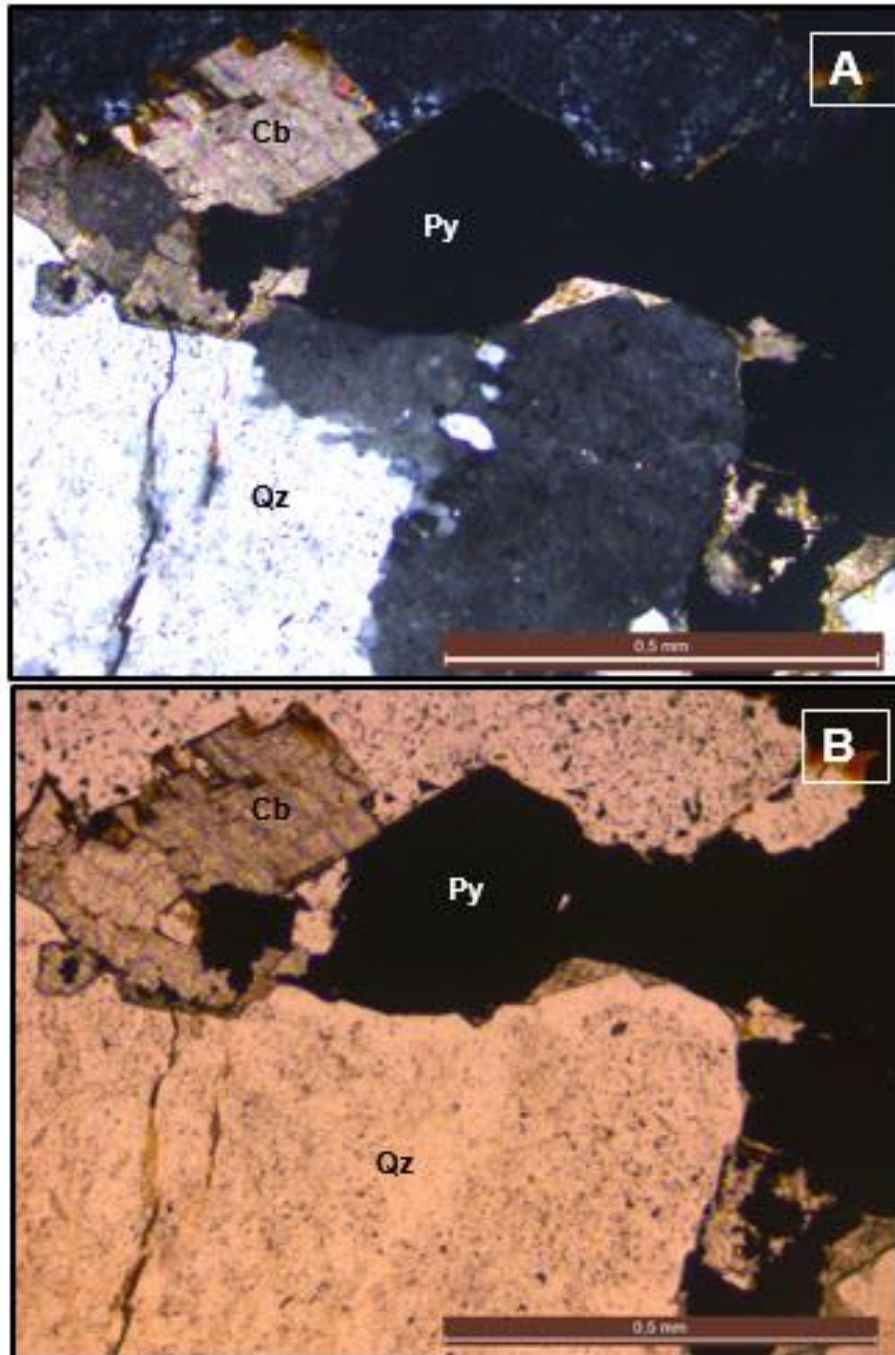
En la parte inferior de cada fotografía se hace una breve descripción de los minerales y cualidades observadas en sectores localizados en las secciones, que fueron relevantes para correlacionarlas con las presentadas por modelos de depósitos existentes y de este modo determinar la semejanza que el área de estudio tiene con alguno de ellos.

7.1.1 Sección delgada de la Veta. La zona de veta generalmente se encuentra muy bien definida en sus contactos con la roca encajante, caracterizada por tener presencia de sulfuros como pirita, galena, esfalerita, calcopirita y óxidos de Fe, acumulados en forma de nidos con cristales bien definidos acomodados en las zonas cercanas a los contactos a manera de venillas paralelas o al azar en el espesor de la veta. Los contactos con la roca caja son netos arcillosos en la mayoría de los casos y se encuentra emplazada en ambas litologías encontradas (Gneis y Granodiorita).

Del mismo modo la presencia de minerales opacos en la veta, correspondientes a pirita (Py), con bordes definidos emplazados probablemente siguiendo los

espacios entre los cristales, presencia de carbonatos y cuarzo fracturado (Figura 17 A y B).

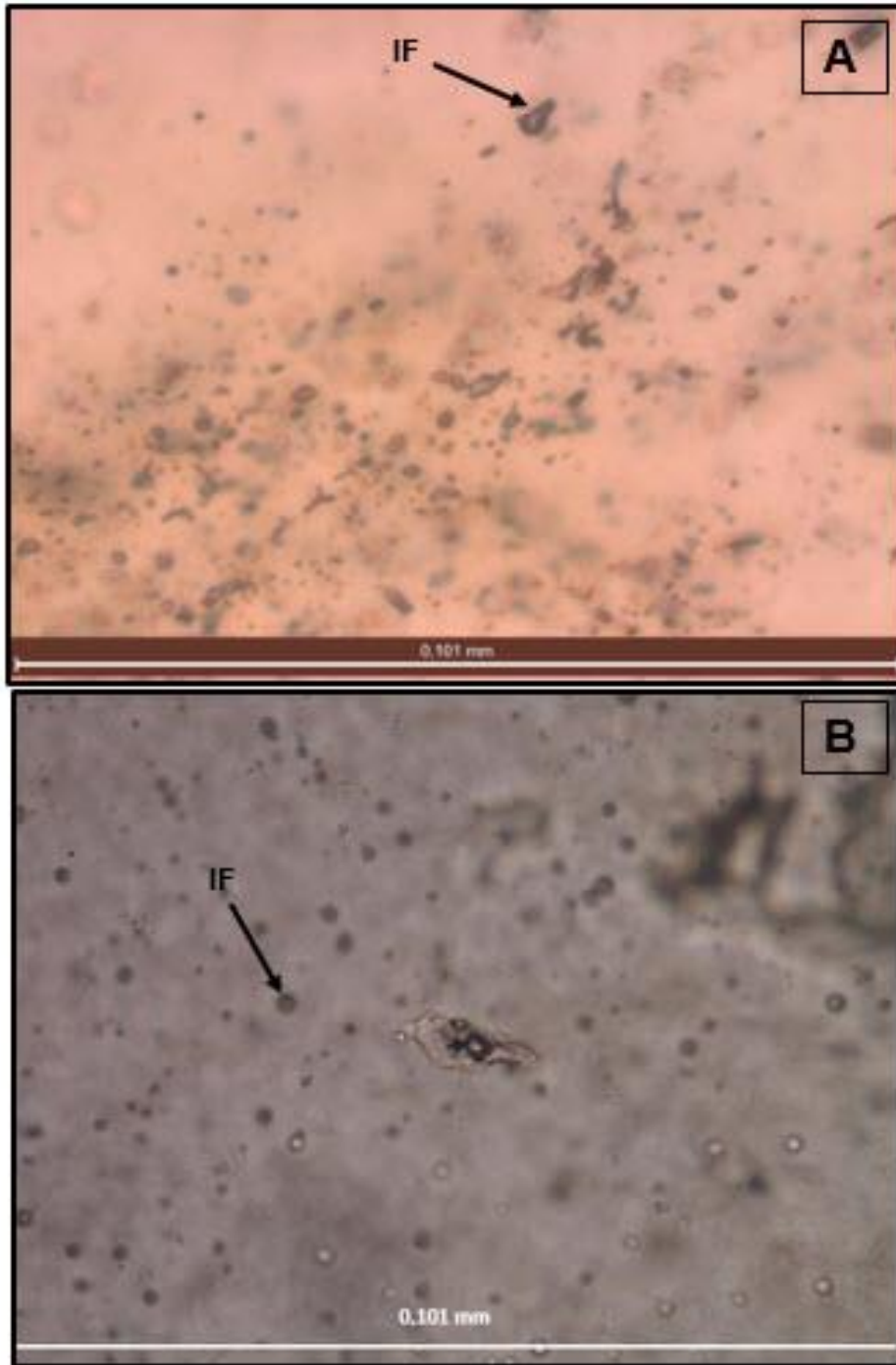
Figura 17. Sección delgada de la veta, pirita y carbonatos.



A. Nícoles Cruzados B. Nícoles Paralelos

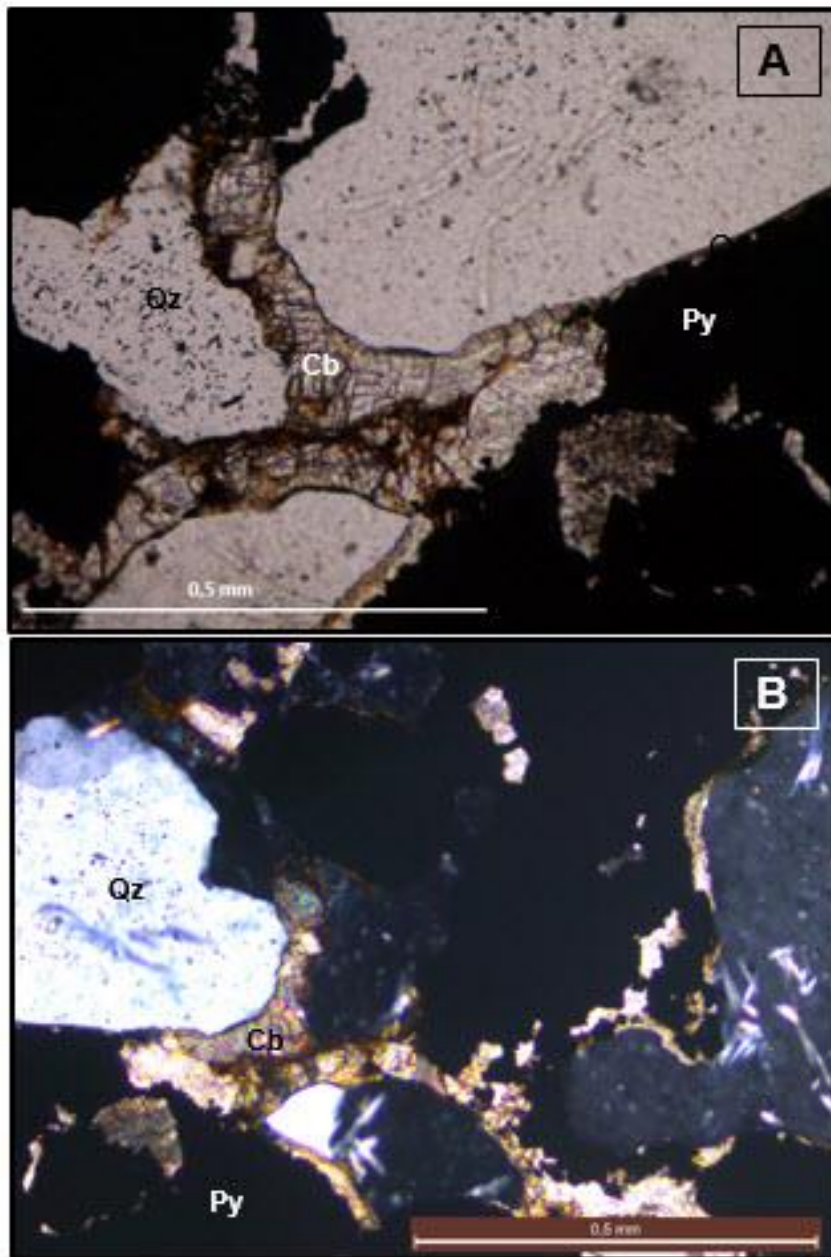
También se puede resaltar la presencia de inclusiones fluidas bifásicas (Fluido-gas) en los cristales de cuarzo (Figura 18 A y B).

Figura 18A y 18B Inclusiones fluidas bifásicas en nicoles paralelos y cruzados.



Además se encontraron carbonatos asociados con minerales opacos y cuarzo (Figura 19 A y B), es evidente la precipitación de estos carbonatos en las zonas de contacto entre cristales.

Figura 19. Carbonatos, cuarzo y pirita.

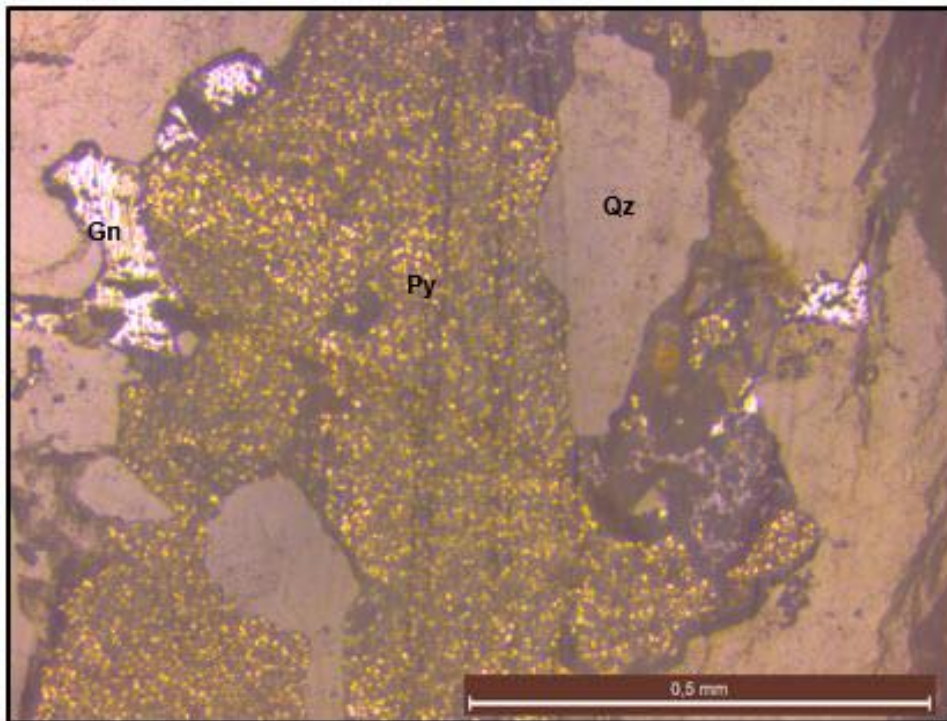


A. Nícoles Paralelos B. Nícoles Cruzados.

Los bordes de los cristales de cuarzo son definidos y los contactos con los sulfuros y el carbonato son definidos.

En luz reflejada se pueden diferenciar cristales de pirita (Py) diseminados y rellenando venas asociados con galena (Gn), la cual se caracteriza por su color gris y la presencia de pits triangulares, y esfalerita de color gris medio (Figura 20). Es muy común encontrar reemplazamientos pseudomórficos de limolita reemplazando los cristales de pirita y así mismo en los bordes de las venas y vetillas.

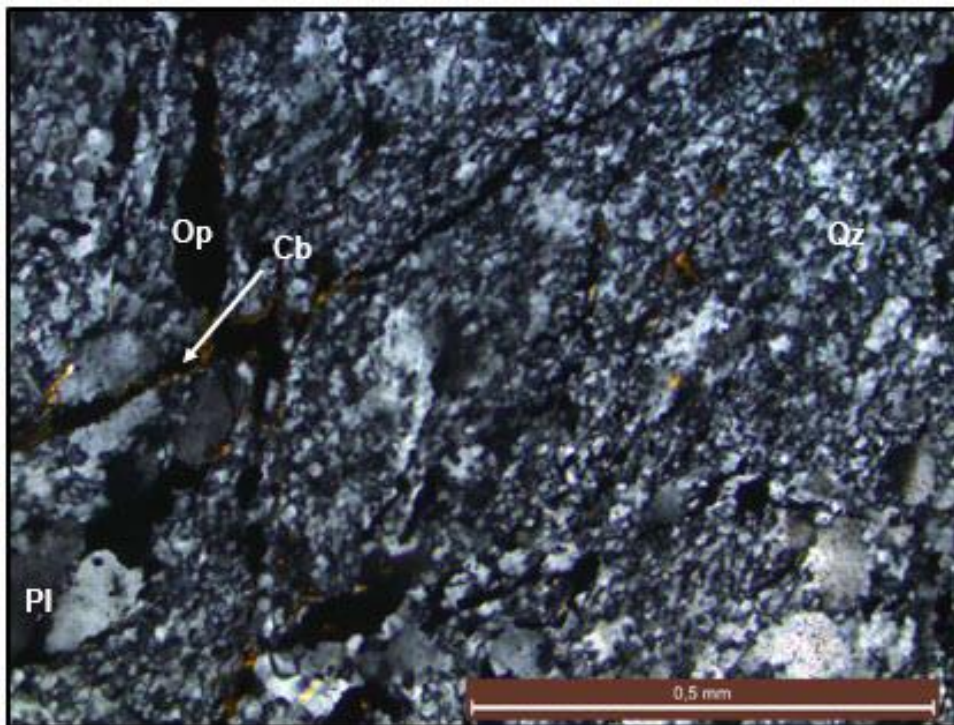
Figura 20. Pirita precipitada en los espacios vacíos entre cristales de cuarzo.



Mineralización de pirita (Py) y galena (Gn) con textura en forma de agregados de finos cristales precipitados dentro de la veta de cuarzo, siguiendo una vetilla, la cual es visible también en la muestra de mano.

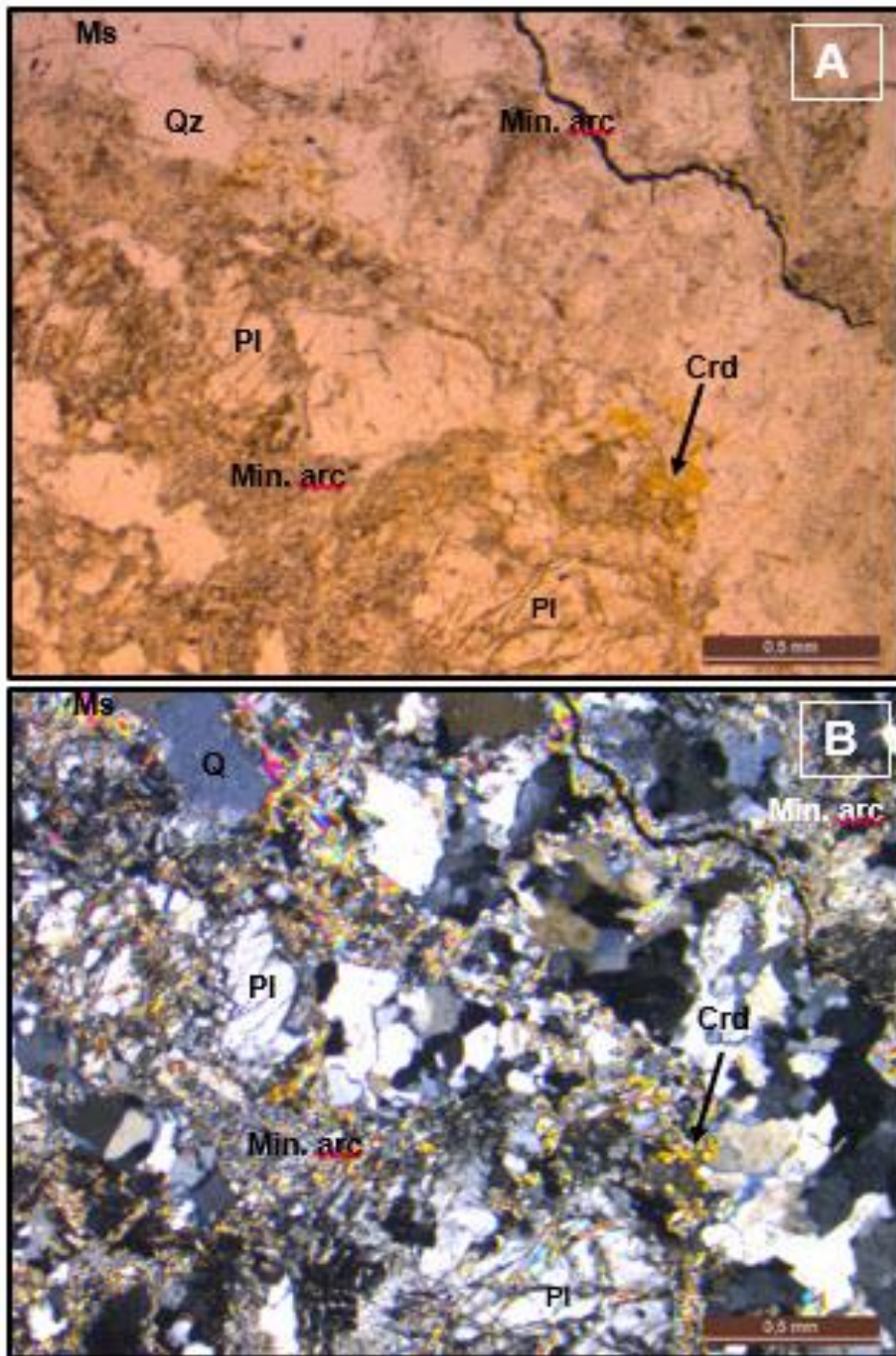
La roca encajante hacia el contacto con la veta presenta fábrica de recristalización dinámica en cuarzo, en la que la rotación de subgranos y la migración de borde de grano se constituyen como los principales mecanismos de deformación los cuales además del bulging difuso sugiere una conminución característica de un emplazamiento tectónico (Figura 21).

Figura 21. Cuarzo con recristalización dinámica.



7.1.2 Zona proximal. La zona proximal se caracteriza por presentar una alteración penetrativa la cual se extiende desde la margen de la veta por cerca de 50cm aproximadamente. La alteración se encuentra dominada por la presencia de sericita, caolinita, sulfuros diseminados (Py, Gn), cuarzo microcristalino producto de recristalización estática (Figuras 22, 23 y 24).

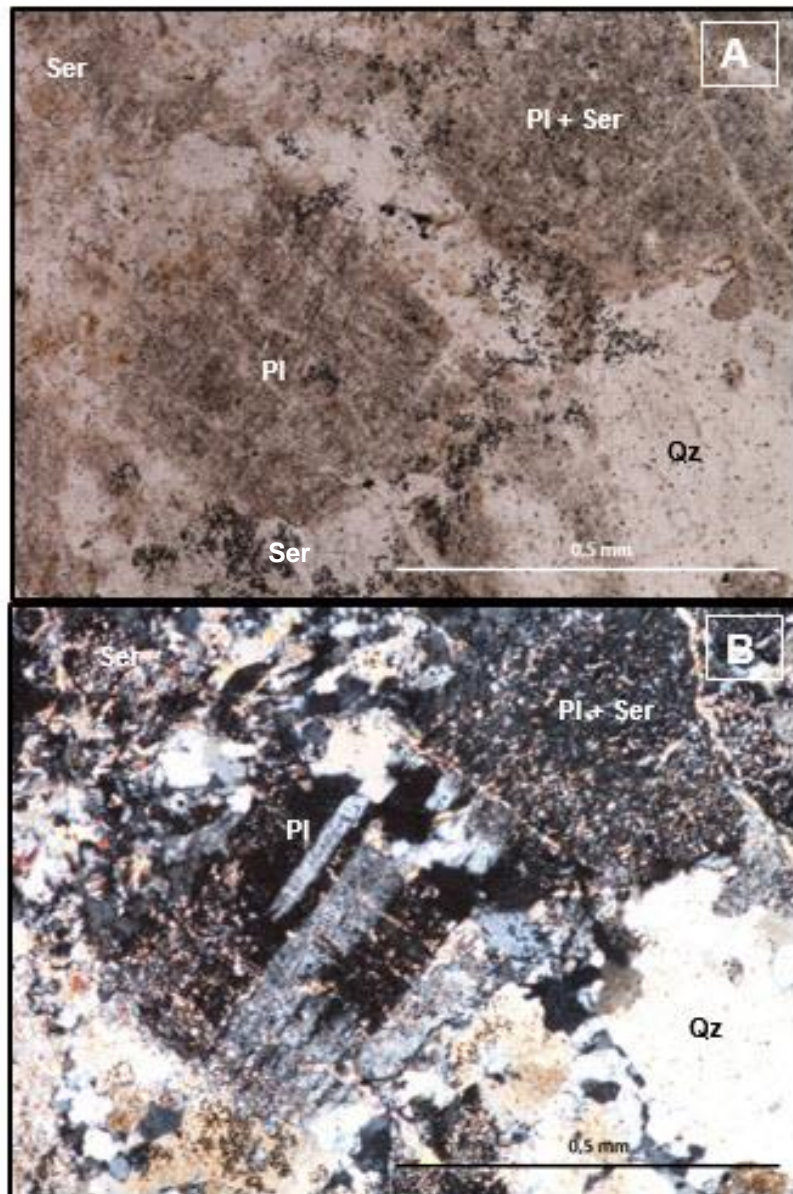
Figura 22. Min arcillosos, Plagioclasa, cordierita, cuarzo y moscovita.



A. Nicolas paralelos B. Nicolas cruzados

Es común encontrar plagioclasas alterándose a sericita con colores de interferencia de primer y segundo orden en nicoles cruzados, cristales de cuarzo anhedrales algunos con recristalización estática y dinámica, presencia de feldespato potásico, cristales de plagioclasa fracturados y moscovita con altos colores de interferencia. (Figura 23 A y B).

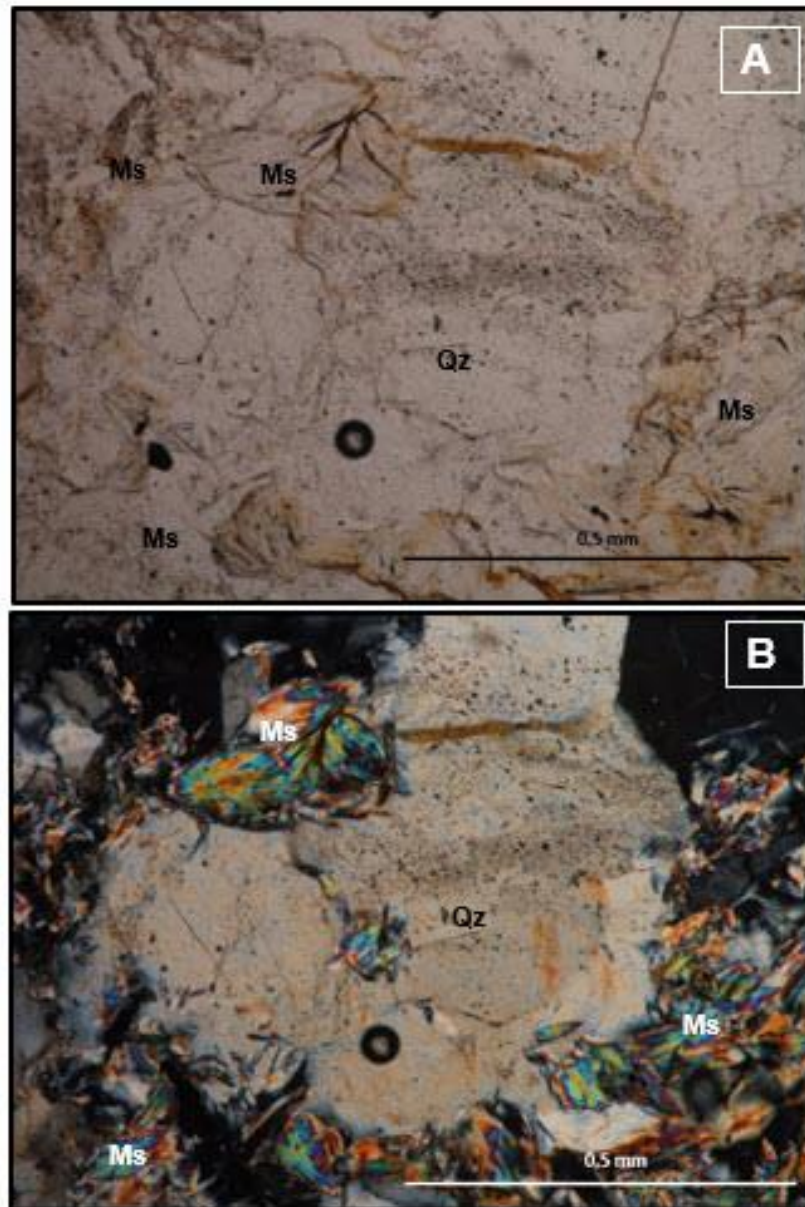
Figura 23. Plagioclasa alterándose a sericita y cuarzo.



A. Nicoles paralelos B. Nicoles cruzados

Es frecuente observar localmente plagioclasas con alto grado de sericitización, en contacto con algunos cristales de cuarzo anhedral con recristalización. Además se observan cristales de muscovita en contacto con el cuarzo anhedral y este a la vez en contacto neto con sulfuros. (Figura 24 A y B).

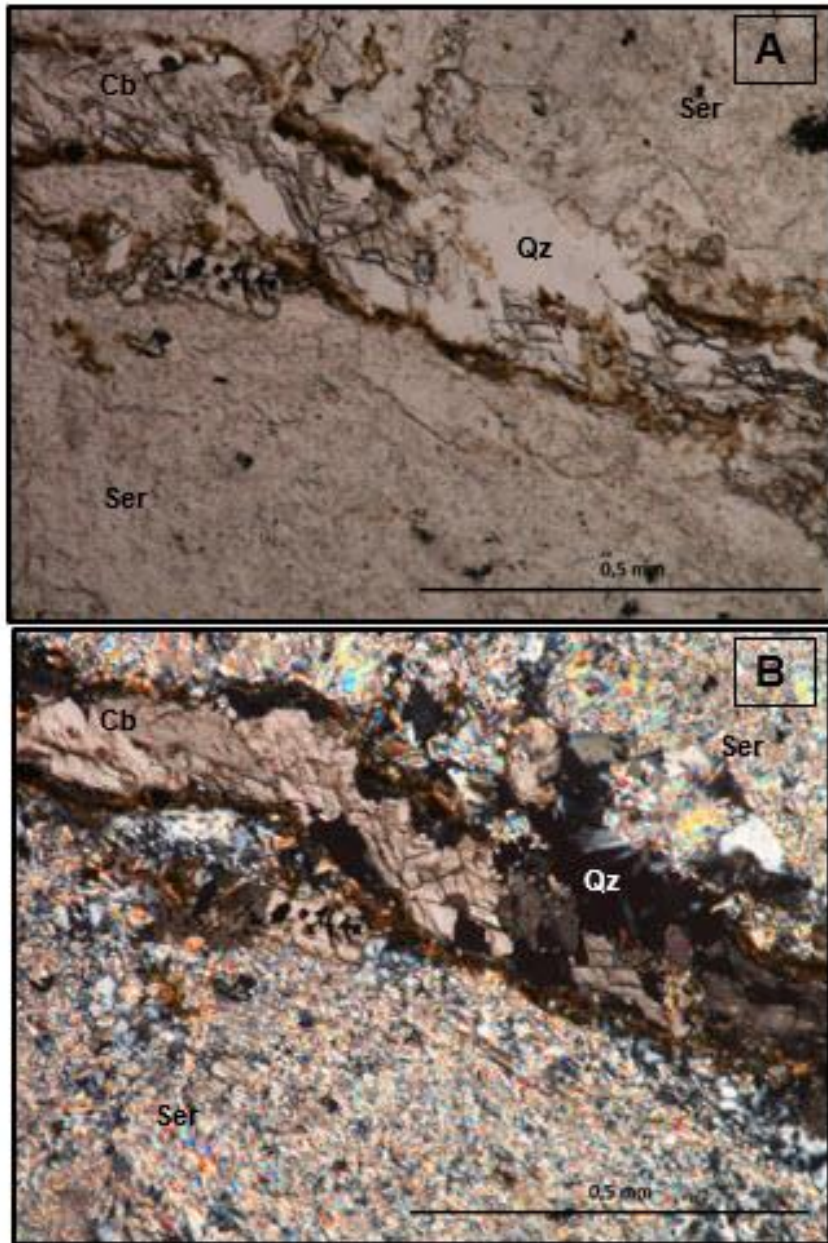
Figura 24. Cuarzo, minerales opacos y moscovitas.



A. *Nicoles paralelos* B. *Nicoles cruzados*

La muscovita se encuentra rodeando los cristales de cuarzo, el contacto es difuso y están precipitados también entre las fracturas del cristal. Plagioclasas alterándose a sericítica en la roca granodiorita, con presencia del algunos microcristales de cuarzo y una vetilla de carbonatos, posterior a la silicificación (Figura 25 A y B).

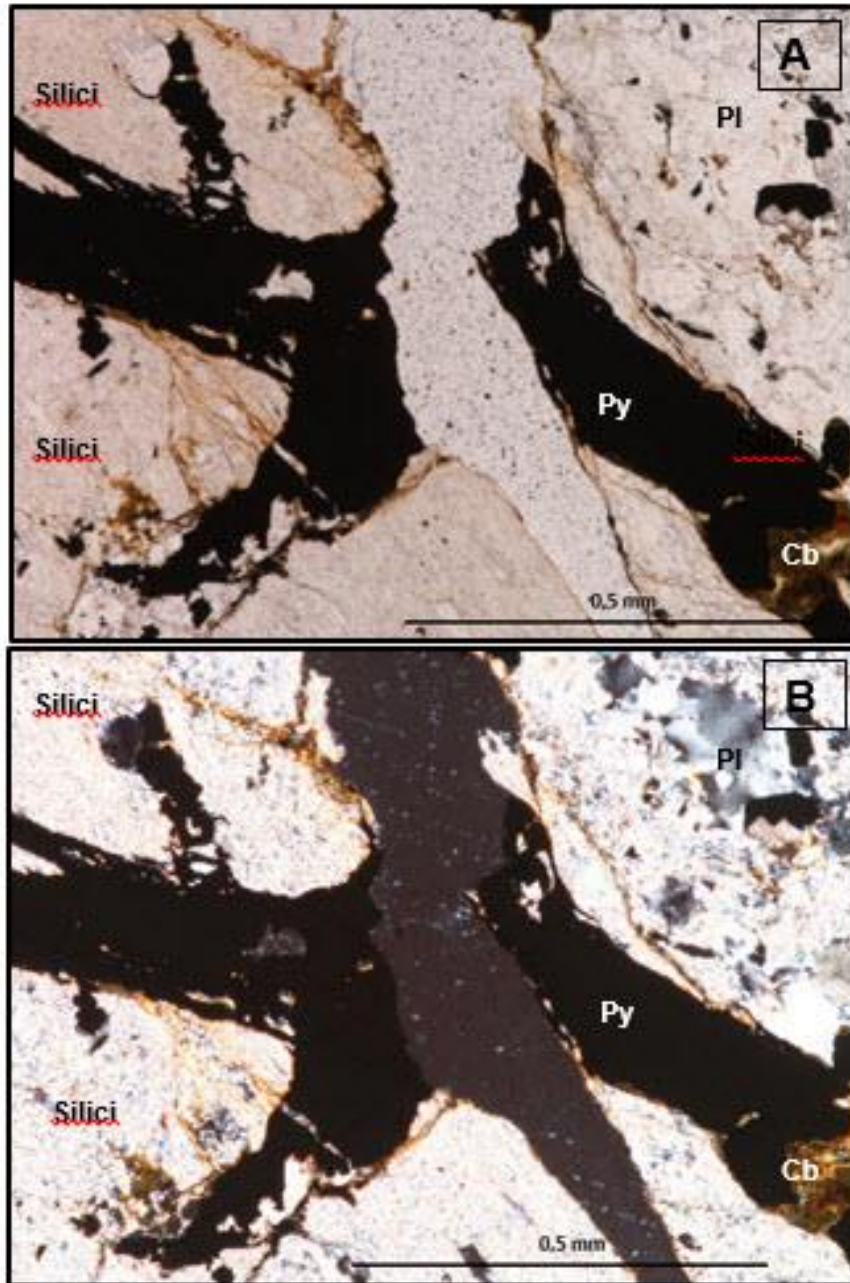
Figura 25. Cuarzo, carbonatos y Plagioclasa alterándose a Sericita.



A. Nicles paralelos B. Nicles cruzados

Vetilla de minerales opacos, roca granodiorita con alto grado de silicificación debido a cercanía con la zona de emplazamiento de la veta y algunos microcristales de cuarzo, con bordes irregulares (Figura 26 A y B).

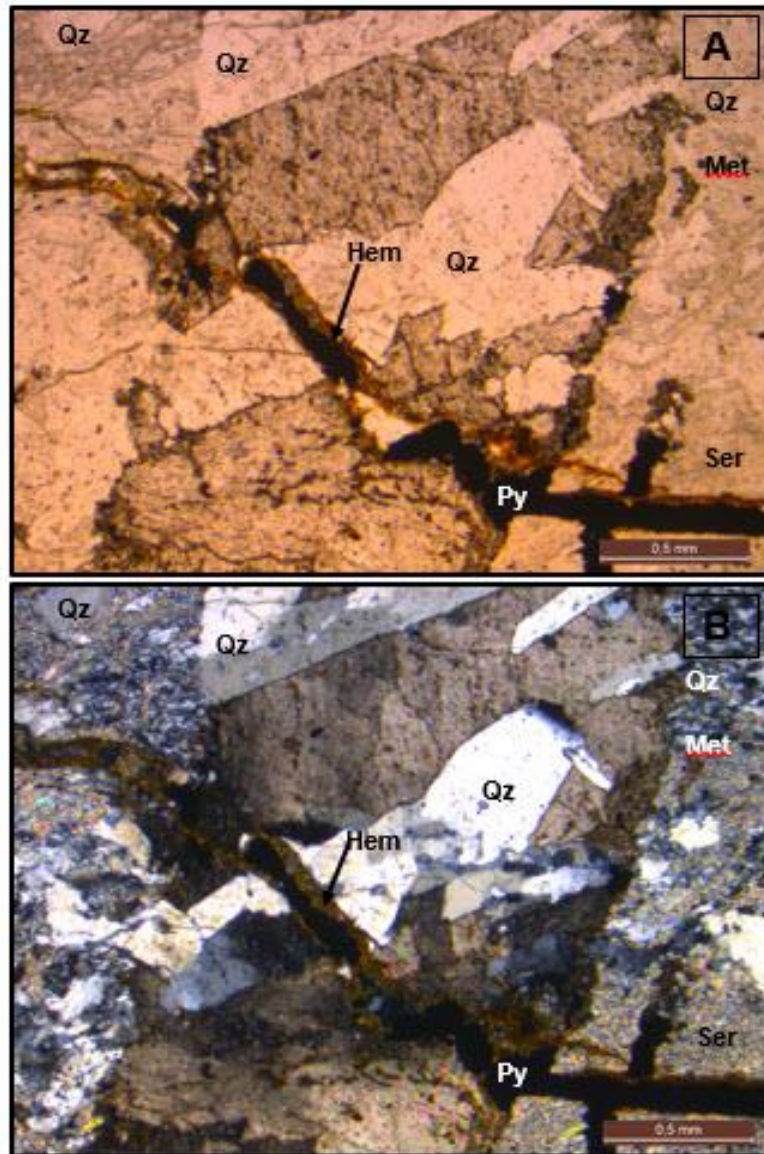
Figura 26. Min. Opacos, carbonatos y silicificación.



A. Nicoles paralelos B. Nicoles cruzados

La presencia de la vetilla minerales opacos conformada por Py y algunos óxidos que la bordean, posiblemente hematita, fracciona el cristal de cuarzo. En los contactos laterales del fenocristal de cuarzo se observa sericitización y en la parte superior cristales de cuarzo metamórfico con una orientación preferencial (Figura 27 A y B).

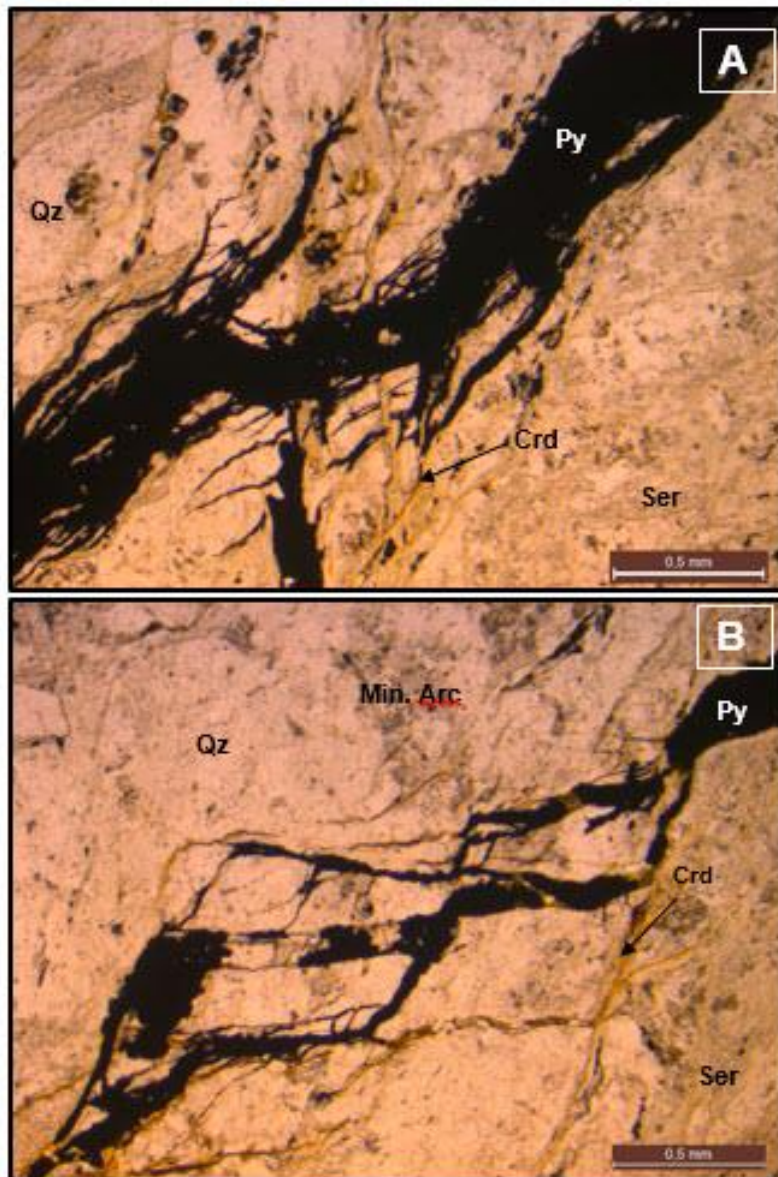
Figura 27. Cuarzo, vetilla de minerales opacos bordeada con hematita, cuarzo metamórfico y alteración sericítica.



A. Nícoles paralelos B. Nícoles cruzados

Presencia de vetillas de minerales opacos compuestas por galena y pirita indican posible tectónica de extensión en un medio dúctil-frágil, las vetillas tienen un plegamiento suave y en ocasiones se divide en finas vetillas siguiendo microfisuras del cristal o zonas de contactos entre cristales (Figura 28 A y B).

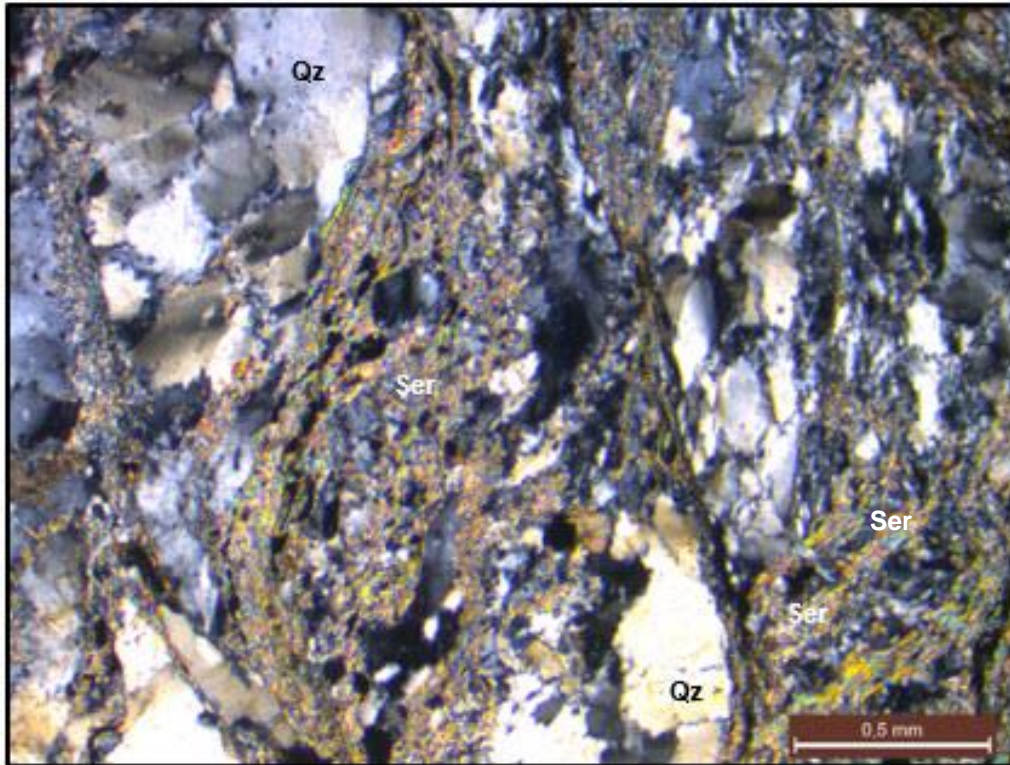
Figura. 28 Vetillas de minerales opacos.



Posible tectónica de extensión, presencia de min. Arcillosos, vetillas de cordierita, cuarzo, alt. Sericítica. A y B Nícoles paralelos.

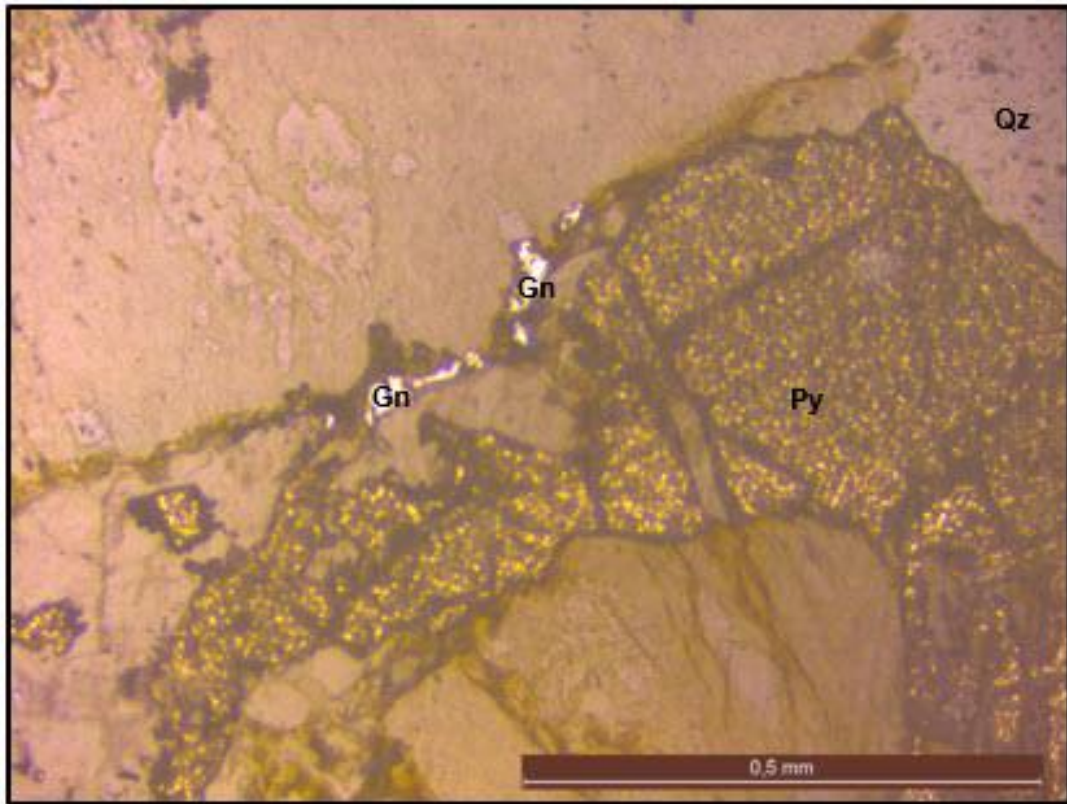
En esta zona se evidencia un ambiente cataclástico que causó fractura y deformación en los cristales, los cuarzos y plagioclasas están elongados, orientados mostrando leve foliación de la roca, las plagioclasas están alterándose a sericita, la alteración se ve en forma de vetillas (Figura 29).

Figura 29. Zona cataclástica, plagioclasas sericitizándose y cuarzo.



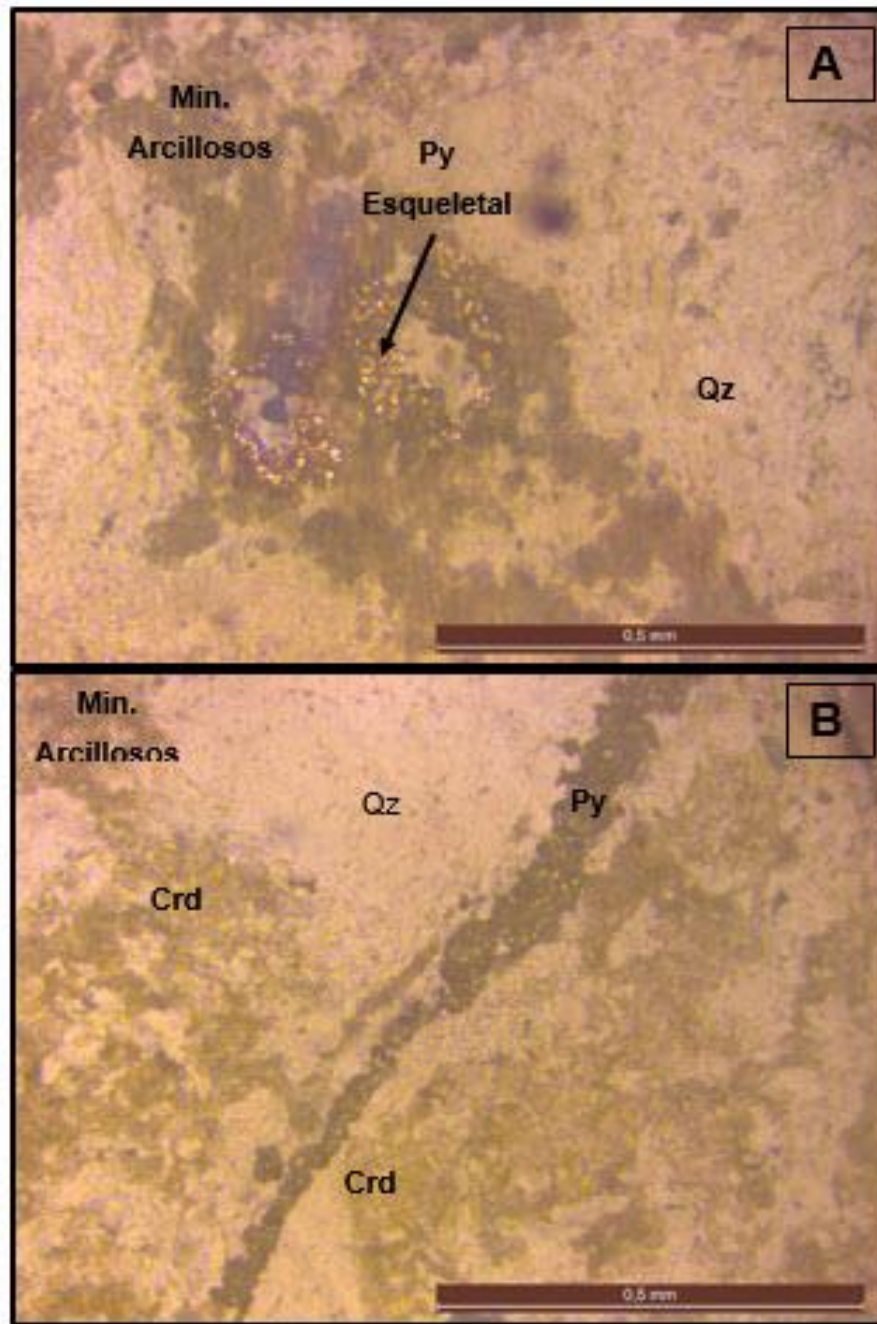
Mineralización de pirita (Py) en forma de vetilla fina que se precipitó entre los contactos de los cristales de cuarzo acompañado de pequeño porcentaje de cristales de galena (Gn), (Figura 30).

Figura 30. Mineralización de pirita y galena.



7.1.3 Zona de alteración intermedia. La zona de alteración intermedia se caracteriza por presentar sulfuros diseminados en algunos casos con texturas esqueletales, además los minerales arcillosos (caolinita y sericita). Adicionalmente también se puede observar la presencia de vetillas de galena y pirita las cuales por sectores asumen un aspecto de stockwork, en el que se pueden diferenciar vetillas entrelazadas (Figura 31 A y B).

Figura 31. *Minerales arcillosos, cordierita, cuarzo y pirita esqueletal.*

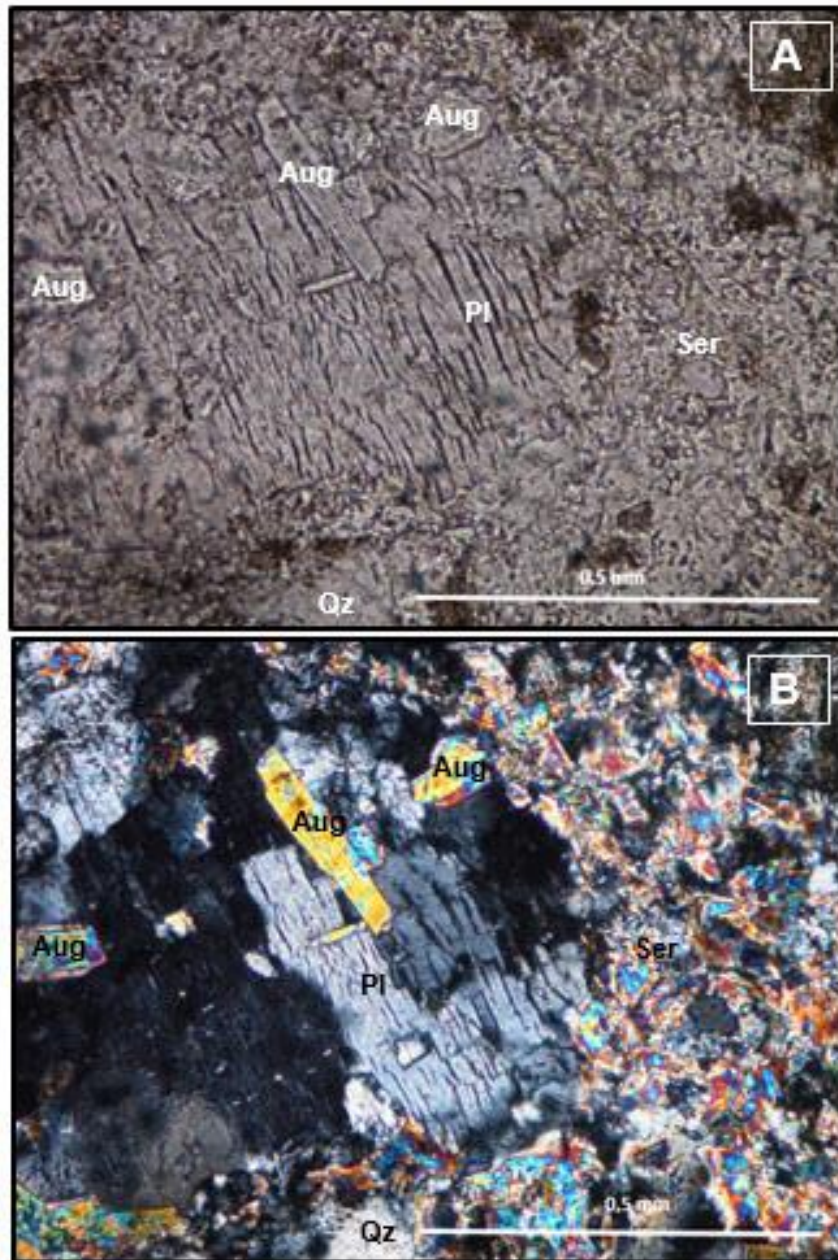


A y B Nicols paralelos

En la sección es fácil observar la alteración cuarzo, sericita, pirita, evidenciada por la presencia de feldespatos alterados a minerales arcillosos, cuarzo y pirita esquelética y en forma de vetillas que atraviesan la sección.

7.1.4 Zona distal. En la zona distal se pueden observar los cristales primarios de la roca encajante, en donde la única característica es la presencia de sericita o mineral de alteración de las plagioclasas (Figura 32 A y B). En esta zona la roca se encuentra menos alterada con relación a las otras dos zonas más cercanas al emplazamiento de la veta mineralizada, la roca conserva la textura y los minerales que están más expuestos a la alteración son las plagioclasas principalmente.

Figura 32. Augita, plagioclasa, cuarzo, sericita.



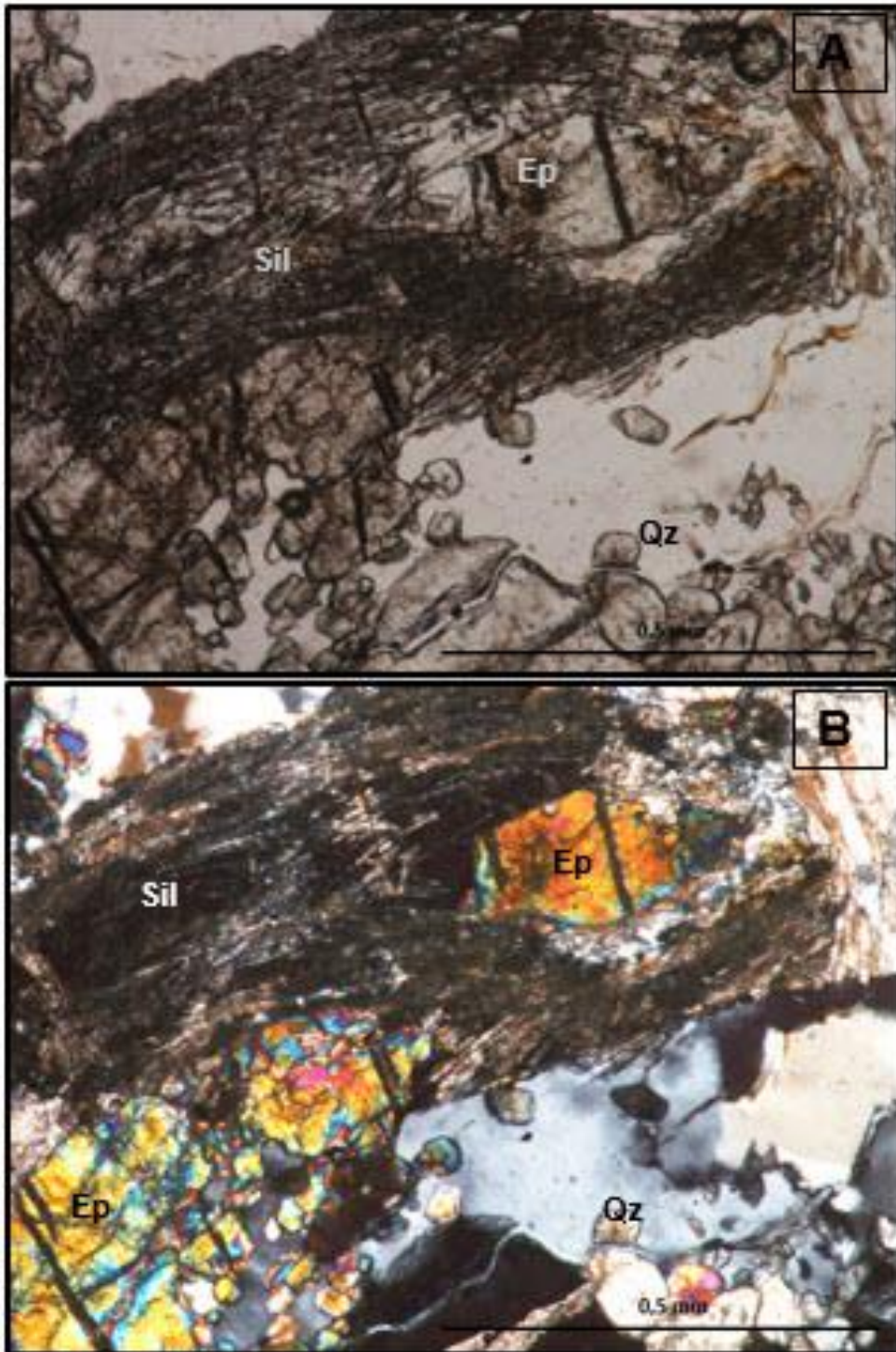
A. Nicoles paralelos B. Nicoles cruzados

Es notoria la presencia de cristales de plagioclasa, cuarzo anhedrales y augita euahedral, con contactos irregulares.

7.1.5 Gneis. El gneiss se encuentra principalmente en afloramiento como saprolito rojizo oxidado que conserva el bandeamiento, dentro de las perforaciones se pudo observar claramente las bandas de minerales félsicos y máficos generalmente con tamaños de cristales finos, a manera local se encontró zonas con cristales más gruesos dando el aspecto de intercrecimiento o textura migmatítica y se clasificaron como leucosomas graníticos.

Como mineral índice en la roca metamórfica está la sillimanita con textura fibrosa, cristales de cuarzo anhedrales que están en contacto con la epidota, mineral producido por la alteración hidrotermal que sufrió la roca, en nicols cruzados presenta altos colores de interferencia y planos de foliación (Figura 33). Los contactos son netos irregulares con intercrecimiento de cristales, el cuarzo es anhedral y la epidota subhedral, muy fracturada.

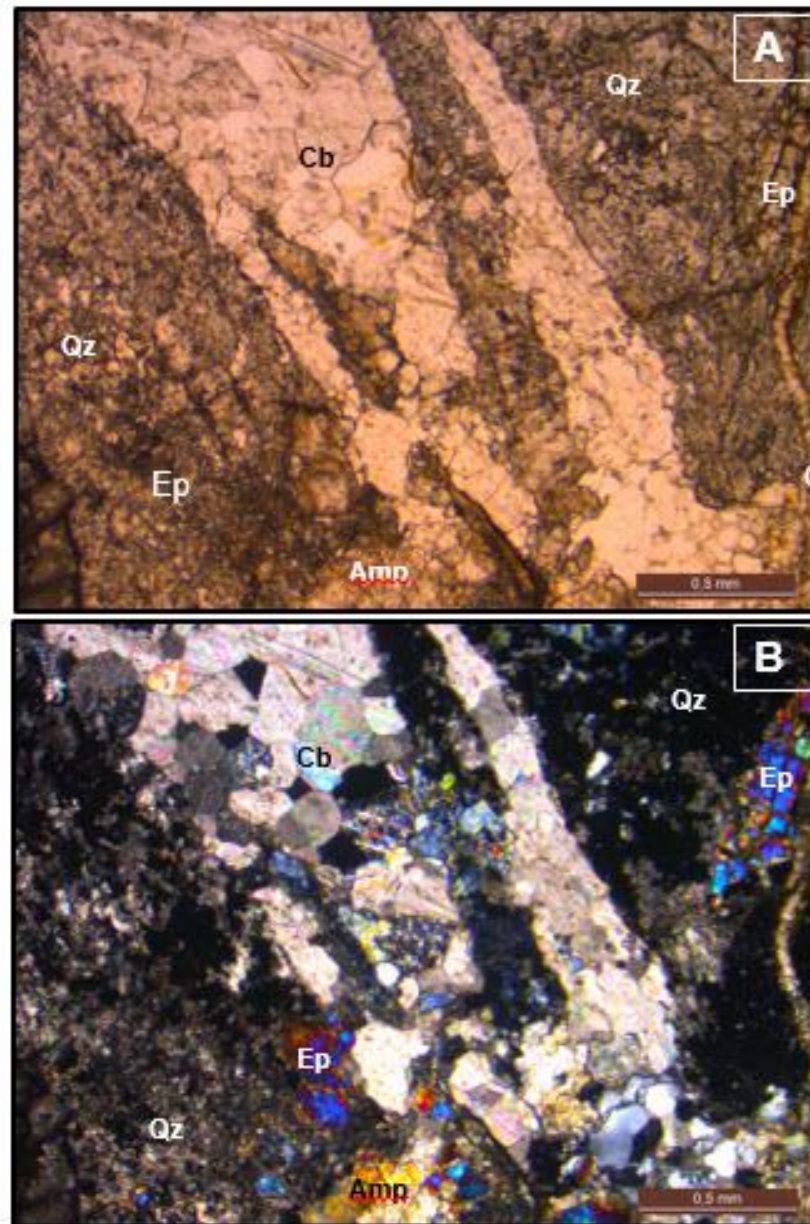
Figura 33. Epidota, sillimanita, cuarzo.



A. Nicles paralelos B. Nicles cruzados

Se observó la presencia de vetilla de carbonato que atraviesa una zona de silicificación de la roca con un contacto definido, con cristales de epidota que presentan altos colores de interferencia, y un anfíbol en la parte inferior de la imagen (Figura 34 A y B).

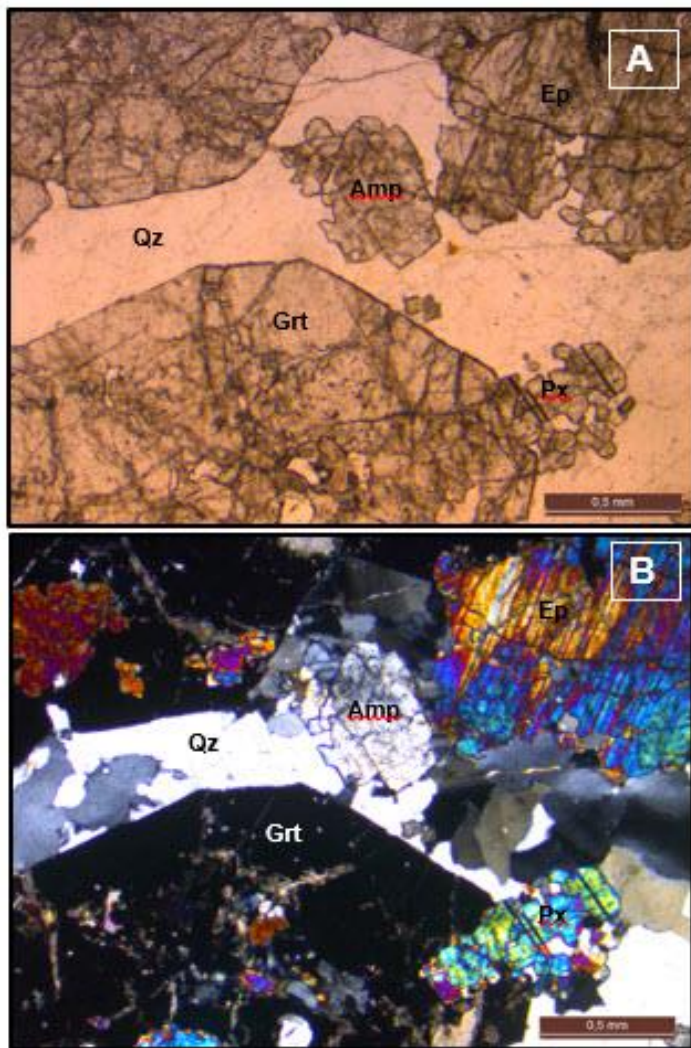
Figura 34. Gneis con Carbonatos, cuarzo, epidota, anfíboles.



A. Nicoles paralelos B. Nicoles cruzados

El contacto de la venilla de carbonato con el cuarzo o zona de silicificación es neto, la epidota está siendo afectada por la silicificación, esto es evidente en los bordes irregulares. Como mineral índice de metamorfismo hay presencia de granate con intercrecimiento de pequeños cristales de piroxenos, en la imagen también son visibles anfíboles, epidota y cuarzo en poco porcentaje, los contacto entre el granate y el cuarzo es neto, el resto de los minerales tienen contacto irregulares (Figura 35 A y B).

Figura 35. Anfíboles, epidota, granate y piroxenos en Gneis.



A. *Nicoles paralelos* B. *Nicoles cruzados*

Según las características petrográficas de las muestras dentro de las cuales se tiene la presencia de inclusiones fluidas primarias Tipo II (Bifásicas) que indican que el fluido que las generó la mineralización está compuesto por fluido y gas, la presencia de carbonatos que prueba que el fluido era rico en CO₂, por consiguiente de baja salinidad que lo confirma la ausencia de una tercera fase en las inclusiones fluidas y las alteraciones restringidas como halos alrededor de la veta indican que el depósito se puede correlacionar con el modelo de tipo Oro Orogénico.

8. DISCUSIÓN

8.1 MARCO GEOLÓGICO EVOLUTIVO

Basados en los estudios realizados por Toussaint (1993), Toussaint y Restrepo (1988) y Cediel *et al.* (2003), en los que se hace referencia a los eventos más relevantes que hoy hacen parte de la historia y evolución geológica de Colombia, se pretende hacer una breve descripción de la configuración tectónica del área de estudio, para mencionar los procesos que contribuyeron con el emplazamiento de las vetas en este sector.

La zona se encuentra ubicada sobre la parte Nordeste de la Cordillera Central, siendo esta una porción de la placa continental Suramericana que se encuentra entre el Cratón Amazónico, la Subplaca de Maracaibo y los Terrenos Acrecionados Occidentales (Cediel *et al.* 2003).

Esta cordillera está compuesta por los terrenos Chicamocha y Cajamarca Valdivia; los bloques de San Lucas e Ibagué, al igual que las cuencas del valle Inferior, Medio y Superior del Magdalena (Cediel *et al.* 2003). Estos terrenos están compuestos principalmente por rocas metamórficas tipo esquistos con variaciones a anfibolitas con metamorfismo de bajo grado. (Cediel *et al.* 2003).

Basados en análisis geoquímicos (Restrepo Pace, 1992 en Cediel *et al.* 2003) las rocas corresponden a un arco intra-oceánico de afinidad de margen continental. Estos terrenos forman un prisma acrecionario de edad Silúrico - Ordovícico, suturado al norte con el terreno Chicamocha y al sur con el Cratón Amazónico (Toussaint, 1993).

Para el Triásico - Jurásico los bloques mencionados anteriormente formaron un cinturón discontinuo a lo largo de la sutura de los terrenos Chicamocha

(Proterozoico) y Cajamarca Valdivia (Paleozoico), (Toussaint, 1993). En este caso la litología predominante sobre el basamento son batolitos granodioríticos y dioríticos de composición, calcoalcalina con presencia de algunas rocas volcánicas (Cediel *et al.* 2003).

Para el Mesozoico - Cenozoico, un magmatismo alcalino causado por subducción de la placa afectó este basamento formado por dos terrenos; en el sentido de Toussaint y Restrepo, hacen parte del terreno Tahamí y en el sentido de Cediel, hacen parte del terreno Cajamarca – Valdivia.

Durante el cretácico el Terreno Calima se amalgamó al Terreno Tahamí y posteriormente se acrecionó al oriente colombiano, por medio del sistema de Fallas sinistral Otú-Pericos a finales de esta época y principios del Cenozoico (Restrepo y Toussaint, 1988).

De acuerdo con Feininger *et al.* (1972) al oeste de la Falla de Otú, afloran principalmente rocas metamórficas tipo neises feldespáticos y alumínicos, esquistos sericíticos, cuarcitas, mármoles y esquistos grafitosos y supone una edad Paleozoico Tardío. Mientras las unidades al Este de la falla de Otú, se cree que son del Precámbrico (Cediel *et al.* 2003).

El Terreno Calima se unió al Terreno Tahamí e hizo un recorrido desde el sur para situarse al frente del oriente colombiano, por medio de la Falla Otú-Pericos, que a la vez generó estructuras secundarias que posiblemente contribuyeron con el emplazamiento y control estructural de estos cuerpos vetiformes, desarrollados principalmente en el lado este de la falla en donde se encuentra ubicada el área de estudio.

8.2 CONSIDERACIONES DE CAMPO

Se observó el área cubierta principalmente por riegos de cuarzo y algunos afloramientos insítu de la veta. Los riegos son de diversos tamaños y según la historia producto del desarrollo de un apogeo de la minería en la zona, es evidente por tanto encontrar antiguos socavones derrumbados muy cercanos y la mayoría con cuarzo en la zona de descargue, lo que mostraba que se había encontrado la veta (Figura 36 A y B).

Figura 36A y 36B. Riegos de cuarzo encontrados en campo.



Solo un 10% de los trabajos antiguos fueron hallados sin derrumbarse, en donde se encontró la veta se muestreó, pero algunos no mostraron valores interesantes, lo que indicaba que no era rentable para el pequeño minero. La mayoría de estos socavones se desarrollaron en forma de apique, es decir con inclinación que variaba entre 40° y 45° como se ve en la Figura 37 (A y B).

Figura 37 A y 37B. Trabajos antiguos colapsados, con riegos de cuarzo.



Sistemáticamente se muestreó toda la zona a la vez que se iba haciendo la cartografía, en sectores localizados las muestras daban valores interesantes, aunque no eran datos confiables por ser tomados en riegos de estos trabajos antiguos, pero daba indicios de oro en el sitio.

Los afloramientos que se encontraron eran de gran tamaño, en muy pocos casos fue posible identificar familias de diaclasas, debido a que la erosión actuó sobre ellos ocasionando oxidación y fracturamiento, causado además por trabajos a chorro realizados por gente de la región sobre estas vetas(Figura 38).

Figura 38. Afloramiento de veta de cuarzo en Veta Victoria.

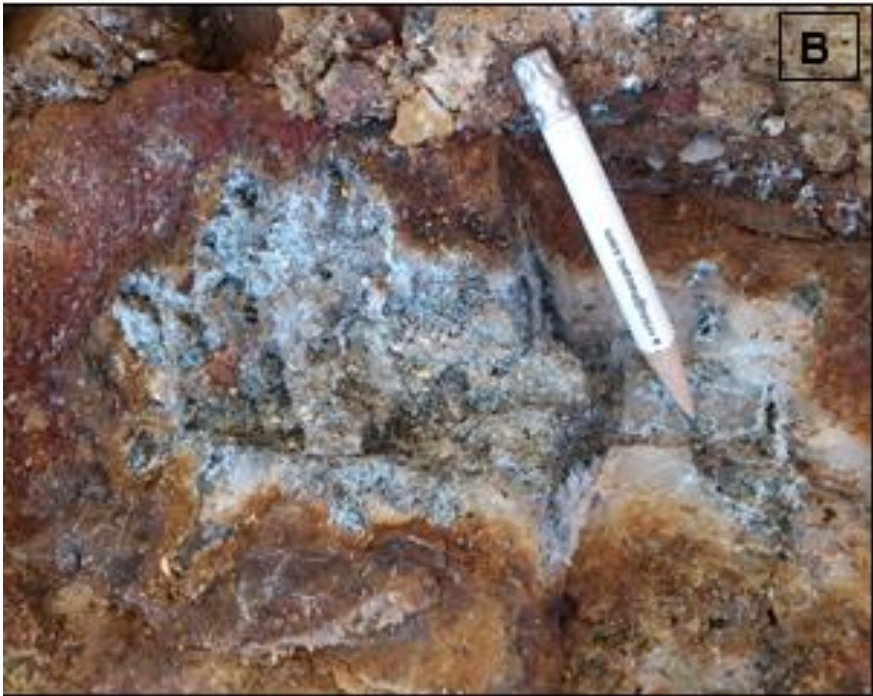


Uno de los afloramientos de veta más grandes encontrados en el área de veta victoria tiene una extensión de más de 20m en la horizontal y hasta 8m en la vertical con dirección que varía entre 250° - 265° y buzamiento que varía de 26° - 32° , con presencia de sulfuros diseminados, en forma de nidos, venillas y precipitados en oquedades (Figura 38).

Dentro de las muestras de mano tomadas del afloramiento, hay presencia de pirita, galena, pirrotina y óxidos de Fe, en forma de grumos o acumulaciones

concentradas, en algunas partes de la veta, presentan buen desarrollo de estructura cristalina (Figura 39 A y B).

Figura 39. Muestras de mano con sulfuros.



A y B pirita y galena en agregados

En otra muestra de mano tomada en el mismo afloramiento, es notoria la acumulación de sulfuros a manera de halos circulares en la veta. Los minerales de pirita bien definidos precipitados en el centro, seguido de minerales de galena que los rodean y en la parte externa la veta de cuarzo con minerales oxidados encerrando la zona de acumulación de estos sulfuros precipitados (Figura 39b).

Todo lo encontrado en la etapa de campo fue cartografiado y organizado en bases de datos, clasificadas en afloramientos, riegos y trabajos antiguos encontrados con sus respectivos datos estructurales, con esto se generó el mapa de la cartografía de la zona.

Siguiendo la secuencia de los datos obtenidos en campo se determinó la posible presencia de dos vetas, con lo cual se hizo un plan de exploración en profundidad, lo cual sustentaría la teoría de la posición de las posibles vetas que se habían definido en superficie.

Se propuso perforar a manera de una malla distanciada cada 50 m, con el propósito de seguir la secuencia de la veta en profundidad. La información arrojada por los pozos indicó la existencia de dos vetas que se cruzaban en la parte norte de Veta Victoria y la existencia de posibles micro fallas o planos de debilidad que generalmente se ubicaban cerca a la mineralización o corte de la veta.

En este caso los sondeos también fueron importantes porque se encontró que la veta estaba emplazada en granodiorita correspondiente al stock de Santa Isabel, y en el gneis correspondiente al grupo Cajamarca (?), las alteraciones principales que afectan la roca son silicificación, cloritización principalmente, algo de oxidación y presencia de sericitización asociada principalmente a fallas o fracturas en la roca.

La pirita, calcopirita, galena y pirrotina son los principales sulfuros encontrados en la veta en forma de vetillas, diseminados o en parches asociados principalmente a fracturas, esta mineralización afecta también a la roca caja pero en menor porcentaje y en zonas cercanas a los contactos superior e inferior con la veta (Figura 40).

Figura 40. Núcleo con pirita en forma de parches asociado a fallas.



En general el depósito encontrado en la zona consta de vetas de cuarzo lechoso de espesores que varían de 20cm a 1.20m, con poco porcentaje de sulfuros (Gn, Py Ccp). Basada en datos de laboratorio, las muestras tomadas con sulfuros consolidados y con estructura cristalina definida, mostraban bajos valores de oro, mientras en las muestras de cuarzo con óxidos y trazas de sulfuros en forma de vetillas o muy finos, mostraban resultados más atractivos económicamente (Figura 41).

Figura 41. Veta de cuarzo con sulfuros en agregados finos.



Se observa uno de los pocos casos en que la veta tenía alto porcentaje de sulfuros precipitados, en forma de vetillas y aglomerados, los sulfuros más representativos en esta zona son pirita, pirrotina, galena y calcopirita.

Con las relaciones encontradas en campo, indicadores cinemáticos y cualidades estructurales, la mineralogía, contactos de la veta con la roca caja, la ausencia de alteraciones hidrotermales en la veta mineralizada, son cualidades que se pueden correlacionar con un emplazamiento dado por relleno de espacios abiertos, generados por esfuerzos tectónicos, evidenciados en la veta que se encuentra en afloramiento a manera de planos. Posterior a esto es posible que la veta haya sufrido esfuerzos dinámicos que generaron microfracturas por donde posiblemente

ascendieron fluidos mineralizantes que depositaron los sulfuros en forma de venillas y en los contactos con la roca caja.

Adicional a esto la presencia de estrías de falla indican que el bloque superior tuvo un desplazamiento cinemático inverso dextral, la presencia de trabajos antiguos ubicados de una manera preferencial, permitieron determinar la tendencia de la veta en profundidad y posteriormente con las perforaciones se corroboró la tendencia Este Oeste con buzamiento hacia el Norte.

9. CORRELACIÓN CON UN MODELO METALOGÉNICO

A partir del análisis de los datos recolectados, los rasgos estructurales, las cualidades texturales, mineralógicas y petrográficas, los resultados obtenidos durante la investigación y la correlación de estos con eventos geológicos regionales es posible determinar la semejanza que tiene este depósito con los de tipo Oro Orogénico.

Los rasgos geológicos estructurales presentes en el área, visibles en la imagen satelital (Figura 4), indican la presencia de lineamientos generados como estructuras secundarias consecuentes del sistema de Falla Otú-Pericos y que posiblemente contribuyeron con el emplazamiento y control estructural de la veta.

En lo observado, Veta Victoria tiene una variedad reducida de afloramientos de roca caja fresca, sin embargo los afloramientos de veta son notorios en la mayoría del área siguiendo una dirección preferencial, la presencia de estrías de falla indican movimientos posteriores al emplazamiento de la veta, las familias de diaclasas y microfracturas son rasgos estructurales que indican que parte de las estructuras observadas en fotointerpretación, controlan la mineralización de la zona.

El estudio macro y micro de las litologías encontradas dentro de la etapa de perforación indican un emplazamiento posterior a la intrusión de los cuerpos plutónicos encontrados, los contactos de la veta son netos tajantes en todos los casos con los dos tipos de litologías, el gneis perteneciente al Complejo Cajamarca y el Granitoide perteneciente al Stock de Santa Isabel. Hay precipitación de minerales como Py, Gn principalmente, diseminado en vetillas o en agregados con buen desarrollo de estructura cristalina, Sph y Ccp en menor porcentaje.

Así mismo las rocas caja muestran recristalización de cuarzo y plagioclasa en zonas cercanas a la veta mineralizada, alteraciones desarrolladas a modo de halos restringidos alrededor de la veta, la presencia de carbonatos asociados principalmente a sulfuros o en forma de vetillas en medio del contacto entre granos, sugieren el paso de fluidos ricos en CO₂ y baja salinidad.

Dentro de las alteraciones hidrotermales dominantes en la zona se presentan; sílica y propilítica, en menor proporción sericítica asociada principalmente a los contactos entre la veta y la roca caja o en zonas de fractura, argílica que afecta a las rocas caja (Figura 42).

Figura 42. Zonas de alteración en Veta Victoria.



Con las anteriores características encontradas se sugiere que la zona pertenece a un depósito de tipo oro orogénico, que se compone por filones de cuarzo con sulfuros de Py, Gn y presencia de carbonatos que es propia en fluidos con baja salinidad, las alteraciones restringidas como halos alrededor de la veta y la ausencia de una tercera fase en las inclusiones fluidas son cualidades correlacionables con las presentadas por algunos depósitos de este tipo.

La mineralización de la zona es vetiforme, emplazado posiblemente mediante estructuras de transpresión rellenadas por fluidos mineralizados, expuestas a dinámica de ensanchamiento provocada por movimientos sísmicos, que permiten la reapertura de estas grietas y posterior relleno con fluidos que contienen una fase de vapor contribuyente a la precipitación de minerales, lo que puede indicar que estos depósitos son generados mediante varios pulsos que se encargan de la mineralización.

10. CONCLUSIONES

- Basados en las características petrográficas y mineralógicas de las muestras de mano y secciones analizadas, la presencia de carbonatos que indica paso de fluidos con baja salinidad indican que el depósito podría correlacionarse con un modelo de tipo Oro Orogénico.
- Se logró reconocer dos cuerpos litológicos en la zona de estudio; uno metamórfico correspondiente a un gneis bandeado, con variaciones texturales locales tipo leucosoma granítico, y un cuerpo ígneo intrusivo correspondiente a un Granitoide con textura fanerítica correspondiente al Stock (Granodiorita) de Santa Isabel.
- Se identificó una estructura vetiforme que corresponde con Veta Victoria (Figura 5), mediante análisis de información recolectada en superficie y de las perforaciones se determina que la veta tiene disposición Este-Oeste buzando hacia el Norte, con una continuidad de 500m aproximadamente en el rumbo y en el buzamiento de 120m. Dentro de las cualidades encontradas en la veta se tiene contenido de sulfuros (Py, Gn, Po, Ccp) en parches y ocasionalmente diseminados en vetillas. Los contactos de la veta con la roca encajante son en su mayoría tajantes.
- Los lineamientos presentes corresponden con estructuras derivadas del Sistema de Fallas Otú-Pericos, presentando direcciones preferenciales Norte-Sur buzando al Este y Este-Oeste buzando al Norte y posiblemente influyen en desplazamientos estructurales posteriores al emplazamiento de la veta.
- Las alteraciones son un criterio de exploración para los depósitos de tipo oro orogénico.

11.RECOMENDACIONES

- Se recomienda hacer un análisis detallado de inclusiones fluidas para determinar la química del fluido mineralizante y las condiciones de presión, temperatura a las que se emplazó el cuerpo vetítico.
- Se recomienda realizar trincheras para corroborar la traza de la veta en superficie.
- Así mismo se recomienda un análisis estructural detallado por medio de un posible cierre en la malla de perforación, para determinar el comportamiento de las diferentes estructuras en profundidad y corroborarlo con los encontrados en superficie.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez Galindez, M., Ordoñez Carmona, O., Valencia Marin, M., & Romero Hernandez, A. (2007). Geología de la Zona de Influencia de la Falla Otú en el Distrito Minero Segovia-Remedios. *Dyna*, 41-51.
- Bartolini, C., Buffler, R., & Blickwede, J. (2003). Tectonic Assembly of the Northern Andean Block. En *The Circum-Gulf of Mexico and the Caribbean: Hydrocarbon Habitats, Basin Formation, and Plate Tectonics* (págs. 825-848). American Association of Petroleum Geologists.
- Bierlein, F., Groves, D., & Cawood, P. (2009). Metallogeny of accretionary orogens - The connection between lithospheric processes and metal endowment. *Ore Geology Review*, 282–292.
- Bierlein, F., Groves, D., Goldfarb, R., & Dube, B. (2006). Lithospheric controls on the formation of provinces hosting giant orogenic gold deposits. *Miner Deposits*, 874-886.
- Echeverri, B. (2006). *Genesis and thermal history of gold mineralization in the Remedios-Segovia-Zaragoza District of Northern Colombia*. Universidad de Shimane, Japón .
- Echeverry Castañeda, S., Cardenas Vera, A., Ordoñez Carmona, O., & Muñoz Aguiar, O. (2009). ASPECTOS ESTRUCTURALES Y RELACIONES DE ALGUNOS SISTEMAS VETIFORMES DEL DISTRITO MINERO SEGOVIA-REMEDIOS. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, 20-28.
- Feininger, T. B. (s.f.). Geología de parte de los departamentos de Antioquia y Caldas. *Boletín Geológico, Volumen XX, No. 2*, 73-93.
- Goldfarb, R., Leach, D., Pickthorn, W., & Paterson, C. (1988). Origin of lode-gold deposits of the Juneau gold belt. *Geología*, vol. 16, Issue 5, 440-443.
- Goldfarb, R., Leach, D., Pickthorn, W., & Paterson, C. (2001). Orogenic gold and geologic time: a global synthesis. *Ore Geology Reviews Vol. 18*, 1-75.

- González, H. (2001). Mapa geológico de Antioquia Escala 1:400.000. *Memoria explicativa*. Medellín : INGEOMINAS.
- González, H., & Londoño, A. C. (2002). Diorita de Segovia (Batolito de Segovia) (Jds) Cordillera Central departamentos de Antioquia y Caldas. En C. e. Ingeominas, *Catálogo de las Unidades Litoestratigráficas de Colombia* (págs. 1-15). Bogotá: Ingeominas.
- González, J., Terán, B., & Carmona, O. O. (2010). Geology of the eastern part of Segovia-Remedios Mining District. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, 61-76.
- Groves D, I. (1998). Orogenic gold deposits: A proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit. *Ore Geology Reviews Vol. 13*, 7-27.
- Hart, R. C. (2005). Distinguishing intrusion-related from orogenic gold deposits. *Yukón Geological Survey*, 125-131.
- Kerrich, R., & Wyman, D. (1990). Geodynamic setting of mesothermal gold deposits. *Geología, vol. 18, Issue 9*, 882-885.
- Ordoñez Carmona, O., Castaño Gallego, L. C., & Romero Hernandez, A. (2007). Metalogenia y evolución tectonomagmática del distrito minero Segovia-Remedios. *Dyna*.
- Ordóñez, O., Pimentel, M., De Moraes, R., & Restrepo, J. (1999). Rocas Grenvillianas en la región de Puerto Berrio-Antioquia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas*, 225.
- Robb, L. (2005). introduction to ore-forming processes. Victoria, Australia: Blackwell Publishing Company.
- Rocks, N., & Groves, D. (1988). Can lamprophyres resolve the genetic controversy over mesothermal gold deposits? *Geology Vol. 16*, 538-541.
- Rodríguez Alvarez, R. (2007). *Universidad Nacional de Colombia*. Obtenido de <http://www.unalmed.edu.co/rrodriguez/Oro-orogenico-Colombia.pdf>
- Rossello, E. A. (2009). Localización de espacios dilatantes en el fallamiento: controles de la mineralización y pronósticos económicos. *IX Congreso Argentino de Geología Económica*, (págs. 1-6). Buenos Aires, Argentina.

- Sibson, R. (1988). High-angle reverse faults, fluid-pressure cycling and mesothermal gold-quartz deposits. *Geology*, Vol. 16, 551-555.
- Sillitoe, R., & Thompson, J. (1998). Intrusion Related Vein Gold Deposits: Types, Tectono-Magmatic Settings and Difficulties of Distinction from Orogenic Gold Deposits. *Resource Geology*, Vol 48, No 2, 237-250.
- Toussaint, J. F. (1993). Evolución Geológica de Colombia Durante el Precámbrico. En *Evolución Geológica de Colombia* (págs. 10-26). Bogotá.
- Toussaint, J. F. (1995). Evolución Geológica de Colombia Durante el Triásico Jurásico. En J. F. Toussaint, *Evolución Geológica de Colombia* (págs. 58-78). Bogotá.
- Toussaint, J. F. (1996). Evolución Geológica de Colombia Durante el Cretácico. En J. F. Toussaint, *Evolución Geológica de Colombia* (págs. 79-103). Bogotá.