

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE GEOLOGÍA Y PETRÓLEOS

**Estudio Petrográfico y Mineralógico del Arco volcánico Macuchi
asociado a depósitos minerales en la Cordillera Occidental del
Ecuador**

**Caracterización petrográfica de la roca caja en el VMS-Skarn de
Rome Gold**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERÍA EN
GEOLOGÍA**

DIANA VIRGINIA GORDON MADRUÑERO

gordondiana18@hotmail.com

DIRECTOR: MSc. Darío Alejandro Fuentes Medina

dario.fuentes@epn.edu.ec

DMQ, agosto 2024

CERTIFICACIONES

Yo, DIANA VIRGINIA GORDON MADRUÑERO declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

DIANA VIRGINIA GORDON MADRUÑERO

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por, bajo mi supervisión.

MSc. DARÍO ALEJANDRO FUENTES MEDINA
DIRECTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

DIANA VIRGINIA GORDON MADRUÑERO

MSc. DARÍO ALEJANDRO FUENTES MEDINA

DEDICATORIA

A mi mamá Martha y mi papá Bladimir, quienes han sido el pilar de mi vida.

A mis hermanos Gabita y Carlitos, mis cómplices y mi refugio.

A mis ángeles en el cielo Nelsito y Lolita, quienes siguen vivos en mi corazón.

Su recuerdo es mi mayor inspiración. El amor incondicional que me dieron y sus abrazos llenos de ternura son tesoros que me llenan de fuerzas para seguir adelante. Siempre los llevo conmigo y su presencia me guía y protege cada día.

Con todo mi amor y gratitud.

AGRADECIMIENTO

"Las personas correctas en nuestro camino son aquellas que nos ayudan a avanzar, incluso cuando no vemos el camino por delante"
Infinitas gracias.

A Dios gracias por su guía, porque puse mi vida en tus manos y siempre me has llevado por el camino correcto.

A mi mamá Martha, a mi papá Bladimir y a mis hermanos Gaby y Carlitos, gracias desde lo más profundo de mi corazón por todo el apoyo que me brindaron desde que inicié mi carrera. Gracias por tratar de hacerme sentir más animada y por sus palabras de aliento en los días difíciles. Sin su amor y apoyo incondicional, no habría podido llegar hasta aquí. Sus constantes muestras de cariño y confianza han sido mi fuerza y mi inspiración para seguir adelante y alcanzar mis sueños.

A mi abuelito Luis, gracias por su cariño incondicional y por estar siempre apoyándome. Su amor y su presencia constante han sido un pilar fundamental en mi vida.

A mi tía Carmita, gracias por sus valiosos consejos y por estar siempre dispuesta a ayudarme cada vez que enfrente un problema. Gracias por ser como una segunda madre, por su amor y por estar a mi lado en los momentos buenos y malos de mi vida.

A mis tíos Narci, Nelsito y Carlitos, gracias por su apoyo incondicional, por su ayuda constante y por el cariño que siempre me han brindado.

A mi querida familia Gordon quienes con sus cálidas palabras de apoyo estuvieron en los momentos más importantes de mi vida.

A mi mejor amiga Anahí, gracias por estar a mi lado en los momentos más felices de mi vida y, especialmente, por brindarme tu apoyo en los días más oscuros. Gracias por ser mi confidente y por compartir mis locuras. Sin tu amistad, no habría llegado hasta aquí. Gracias por las risas compartidas, las lágrimas derramadas y los silencios llenos de comprensión. Gracias por ser la hermana que mi corazón eligió. Este logro no es solo mío, sino también tuyo por tu apoyo incondicional y tu amistad, que han hecho que mi vida sea infinitamente más hermosa.

A mi amigo Andrés, por estar siempre a mi lado ayudándome, aconsejándome y escuchándome. En mis momentos más difíciles y tristes, tu presencia y apoyo incondicional fueron fundamentales para que llegara hasta aquí. Sin tus constantes locuras y tu amistad, este logro no habría sido posible.

A mis amigos Stalin e Ismael, gracias por los momentos especiales que compartimos, por sus palabras de aliento y sus valiosos consejos. Por la infinita cantidad de risas y por las veces que me vieron llorar, ofreciéndome siempre un abrazo y palabras consoladoras. También, gracias por compartir sus conocimientos y contribuir a que me convierta en una mejor geóloga y persona.

A mi querido "Grupo de la Muerte" (Jorge M., Jorge Z., Marce, José D., Adry,) y Orlando M. gracias por ser esos rayos de luz que iluminaron mis días. Desde que los conocí, mi vida es más alegre porque sé que cuento con su apoyo y cariño incondicional.

A mi tutor de tesis, MSc. Darío, por su orientación y apoyo durante el desarrollo de este trabajo. Su guía ha sido esencial para la realización de esta investigación.

Gracias a esos profesores que se preocupan por el bienestar de los estudiantes y que hicieron de mi estancia universitaria una experiencia más amena. A la Dra. Sandra y a la Dra. Ana, gracias por su apoyo y valiosos consejos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
RESUMEN.....	VI
ABSTRACT.....	VII
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes y justificación	1
1.2 Estudios previos.....	2
1.3 Objetivos.....	2
1.4 Área de estudio.....	3
1.5 Alcance	4
1.6 Marco teórico	4
2 CONTEXTO GEOLÓGICO.....	10
2.1 Geología regional.....	10
2.2 Geología Local.....	12
3 METODOLOGÍA.....	13
3.1 Muestreo.....	13
3.2 Petrografía	14
4 RESULTADOS	17
4.1 Descripción macroscópica	17
4.2 Descripción microscópica	23
5 INTERPETRACIÓN Y DISCUSIÓN	35
5.1 Clasificación de las muestras de roca	35
5.2 Comparación con las rocas caja de otros depósitos VMS en la Formación Macuchi	37
6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	38
6.1 Conclusiones	38
6.2 Recomendaciones	38
7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40
8 ANEXOS	43

RESUMEN

El bloque Macuchi, ubicado en el lado oeste de la Cordillera Occidental, está compuesto por rocas volcanosedimentarias y volcánicas que datan del Paleoceno al Eoceno y es conocido por albergar importantes depósitos minerales de sulfuros masivos volcanogénicos (VMS), como El Domo, La Plata, Macuchi y prospecto mineral Rome Gold. El presente estudio realiza una caracterización petrográfica detallada de las litologías de la roca caja en Rome Gold mediante el análisis de muestras de mano y láminas delgadas de rocas tomadas en la concesión y sus alrededores. Los resultados del análisis petroográfico permitieron identificar y clasificar cuatro tipos principales de litologías: tobas (líticas y cristalinas), cuarzodioritas, andesitas y skarn. Las tobas líticas muestran fragmentos líticos volcanoclásticos, andesíticos y fragmentos de cristales de plagioclasa y cuarzo en menor cantidad. Las tobas cristalinas contienen más proporción de cristales de plagioclasa, anfíbol y una alta silicificación. Las cuarzodioritas presentan textura fanerítica con alteraciones de plagioclasa a arcillas y anfíboles a clorita. Las andesitas tienen textura porfirítica con fenocristales alterados a arcillas y epidota. El skarn contiene epidota, cuarzo, granate, calcita, wollastonita y clorita. Estas litologías presentan características similares a las reportadas en estudios previos de la Formación Macuchi. Además, se observó una intensa silicificación, cloritización y la presencia de minerales de sulfuro, los cuales son similares con las descripciones de otros depósitos VMS asociados al arco Macuchi.

PALABRAS CLAVE: Macuchi, VMS, volcanosedimentos.

ABSTRACT

The Macuchi block, located at Western Cordillera in Ecuador, is composed of volcanosedimentary and volcanic rocks dating from the Paleocene to the Eocene and is known for hosting significant volcanogenic massive sulfide (VMS) mineral deposits, such as El Domo, La Plata, Macuchi, and the Rome Gold mineral prospect. This study provides a detailed petrographic characterization of the host rock lithologies at Rome Gold through the analysis of hand samples and thin sections of rocks taken from the concession and its surroundings. The petrographic analysis results in four main lithology types: tuffs (lithic and crystalline), quartz diorites, andesites, and skarn. The lithic tuffs show volcanoclastic, andesitic fragments and minor plagioclase and quartz crystal fragments. The crystalline tuffs contain a higher proportion of plagioclase, amphibole and significant silicification. The quartz diorites exhibit phaneritic texture with plagioclase alteration to clays and amphibole to chlorite. The andesites have a porphyritic texture with phenocrysts altered to clays and epidote. The skarn contains epidote, quartz, garnet, calcite, wollastonite, and chlorite. These lithologies exhibit similar characteristics to those reported in previous studies of the Macuchi Formation. Additionally, intense silicification, chloritization, and the presence of sulfide minerals were observed, which are consistent with descriptions of other VMS deposits associated with the Macuchi arc.

KEYWORDS: Macuchi, VMS, volcanosediments.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes y justificación

La Cordillera Occidental del Ecuador está constituida por un basamento de plateau oceánico acrecionado al margen continental durante el Cretácico Tardío (Hughes & Pilatasig, 2002a). El bloque Macuchi, ubicado en el lado oeste de la Cordillera Occidental, está definido tectónicamente por la falla Chimbo-Toachi y está compuesto por rocas volcánicas y volcanoclásticas de origen oceánico (Hughes & Pilatasig, 2002a). La formación de este arco tiene diversas interpretaciones, un origen de arco de islas acrecionado al continente (Kerr et al., 2002; Hughes & Pilatasig, 2002) y un arco volcánico submarino autóctono (Vallejo, 2007). A pesar de ello, esta formación se caracteriza por albergar depósitos minerales de importancia económica, como los depósitos de tipo sulfuros masivos volcanogénicos (VMS) como El Domo, La Plata, Macuchi y Rome Gold (anteriormente llamado depósito de VMS Ximena) (PRODEMINCA, 2000).

El presente trabajo se enfoca en la caracterización petrográfica de la formación Macuchi en el depósito VMS de Rome Gold y sus alrededores. El análisis se lleva a cabo mediante la recolección de muestras en campo y la posterior descripción de 12 láminas delgadas utilizando microscopía óptica para identificar los minerales presentes. El análisis permitirá identificar las unidades litológicas presentes en la zona de estudio y, de esta manera, comparar las características petrográficas descritas con las documentadas en estudios geológicos previos relacionados con el arco Macuchi, proporcionando una comprensión más detallada y precisa de la geología de esta área. Con esto, se clasifican las litologías observadas mediante un análisis mineralógico, evaluando la textura y el tamaño de grano en láminas delgadas para obtener información sobre la composición de las rocas. Finalmente, se comparan las descripciones obtenidas con estudios previos realizados en la zona.

El presente trabajo forma parte del proyecto de investigación PIS-22-03: Estudio petrográfico y mineralógico del arco Macuchi asociado a depósitos minerales de la Cordillera Occidental del Ecuador, el cual pretende conocer las características del emplazamiento de las mineralizaciones de VMS y pórfido en el arco Macuchi. La descripción petrográfica del encajante asociado a la mineralización tipo VMS es la fase inicial para el desarrollo del proyecto de investigación.

1.2 Estudios previos

El bloque Macuchi se encuentra ubicado a lo largo del borde oeste de la Cordillera Occidental del Ecuador, tiene un espesor estimado de 2 a 2.5 km y se encuentra expuesto en áreas como la carretera Pilaló - La Maná, el valle del río Chimbo, la vía Alóag – Santo Domingo y en el norte de Ecuador cerca al pueblo de Lita (Vallejo, 2007).

Según Feininger & Bristow (1980) la formación está compuesta principalmente por rocas volcanoclásticas estratificadas de color oscuro, lavas calcoalcalinas que varían desde basaltos olivínicos hasta andesitas y pillow lavas, descritas como rocas de un arco de islas suturado al continente.

Hughes & Pilatasig (2002), por su parte, detallan la formación Macuchi como una secuencia volcanosedimentaria compuesta por brechas matriz soportada con clastos de pillow lavas de hasta 1 m de ancho, areniscas turbidíticas de grano grueso y hialoclastitas con niveles de calizas finos. Estos autores proponen que Macuchi se formó como un arco intra-oceánico submarino.

Vallejo (2007) describe pillow basaltos, tobas líticas, brechas basálticas, intrusiones andesíticas, capas turbidíticas de material volcánico redepositado, cherts volcanosedimentos que constituyen aproximadamente el 80% de la secuencia y propone en base a análisis geoquímicos que Macuchi es un arco volcánico submarino de afinidad calco- alcalino a toleítico.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Realizar la caracterización petrográfica de la roca caja del VMS en la zona de Rome-Gold, con el fin de comparar las características mineralógicas descritas con estudios geológicos previos.

1.3.2 Objetivos específicos

- Recolectar y describir muestras de mano de la Formación Macuchi en la concesión minera Rome Gold y sus alrededores.
- Elaborar y describir láminas delgadas de las muestras recolectadas, utilizando microscopía óptica para identificar minerales presentes.

- Clasificar las litologías y minerales de alteración observados mediante un análisis modal mineralógico, evaluando la textura y el tamaño de grano en láminas delgadas.
- Comparar las descripciones petrográficas con la roca encajante de depósitos minerales VMS asociados a la Formación Macuchi.

1.4 Área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada al suroeste de la provincia de Cotopaxi, en los sectores de la Maná y el Tingo. En la Figura 1.1 se presenta un mapa de las ubicaciones de las muestras tomadas para su respectivo análisis.

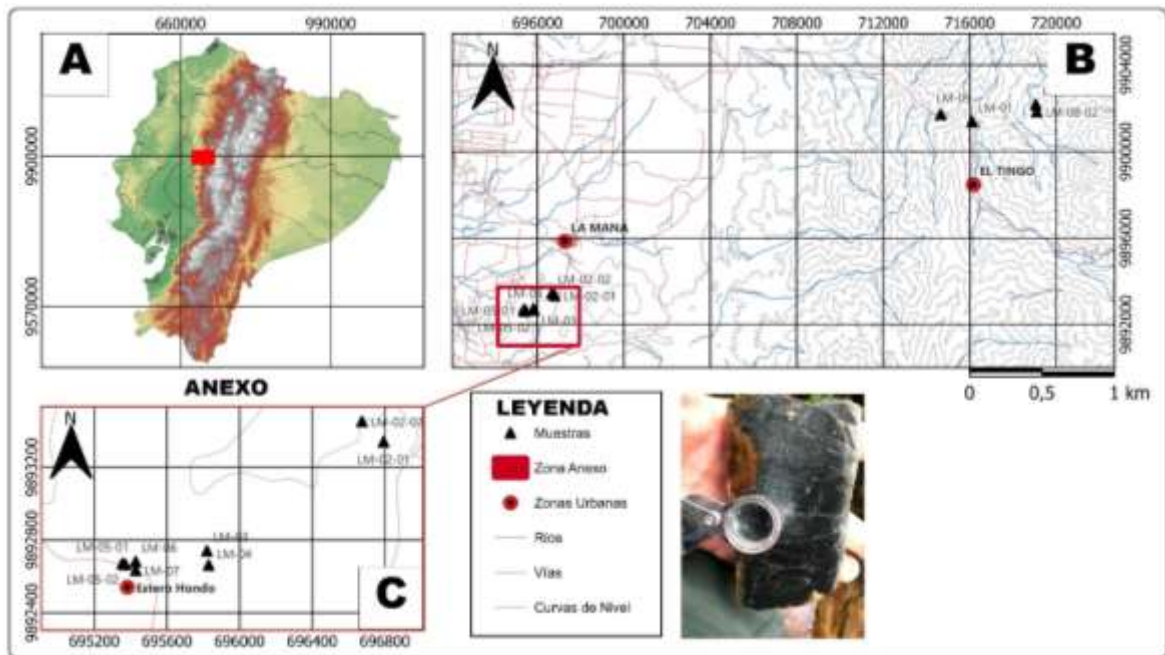


Figura 1.1: Mapa de ubicación de las muestras tomadas para este estudio. A) Mapa del Ecuador, en el cuadro rojo se señala la zona de estudio. B) Mapa general de ubicación de muestras, el cuadro en rojo es la ubicación del Anexo. C) Anexo: Mapa ampliado de las muestras cerca al sector de La Maná, destacadas en cuadro rojo en el mapa B.

1.5 Alcance

Para el desarrollo del proyecto de investigación se pretende:

- I. Recopilar y analizar información bibliográfica sobre la zona de estudio.
- II. Realizar una fase de campo del proyecto que dura 3 días, en los cuales se recolectaran 12 muestras de rocas en afloramientos puntuales para el análisis petrográfico.
- III. Realizar la descripción macroscópica de las muestras de mano.
- IV. Elaborar láminas delgadas en el laboratorio de láminas delgadas de la Escuela Politécnica Nacional para su descripción microscópica.
- V. Analizar y caracterizar la mineralogía presente en las muestras tomadas y compararlas con los estudios previos realizados en la zona de estudio.
- VI. Redactar el trabajo de Integración Curricular (TIC).

1.6 Marco teórico

Depósitos de sulfuros masivos volcanogénicos (VMS)

Los depósitos de tipo sulfuros masivos volcanogénicos (VMS) son concentraciones de minerales enriquecidos en metales formados por la precipitación de fluidos hidrotermales en entornos submarinos extensionales. Estos depósitos se encuentran asociados principalmente a contextos geodinámicos como dorsales oceánicas, arcos oceánicos y márgenes continentales como se observa en la Figura 1.2. Estos representan fuentes importantes de cobre, zinc, plomo, oro y plata. Los depósitos VMS se forman principalmente en el fondo marino, donde los fluidos hidrotermales circulantes, impulsados por el calor magmático, se mezclan con las aguas del fondo marino o con las aguas intersticiales en litologías cercanas al fondo marino, precipitando minerales de sulfuro en formas que pueden variar desde podiformes hasta laminares (Shanks & Thurston, 2012).

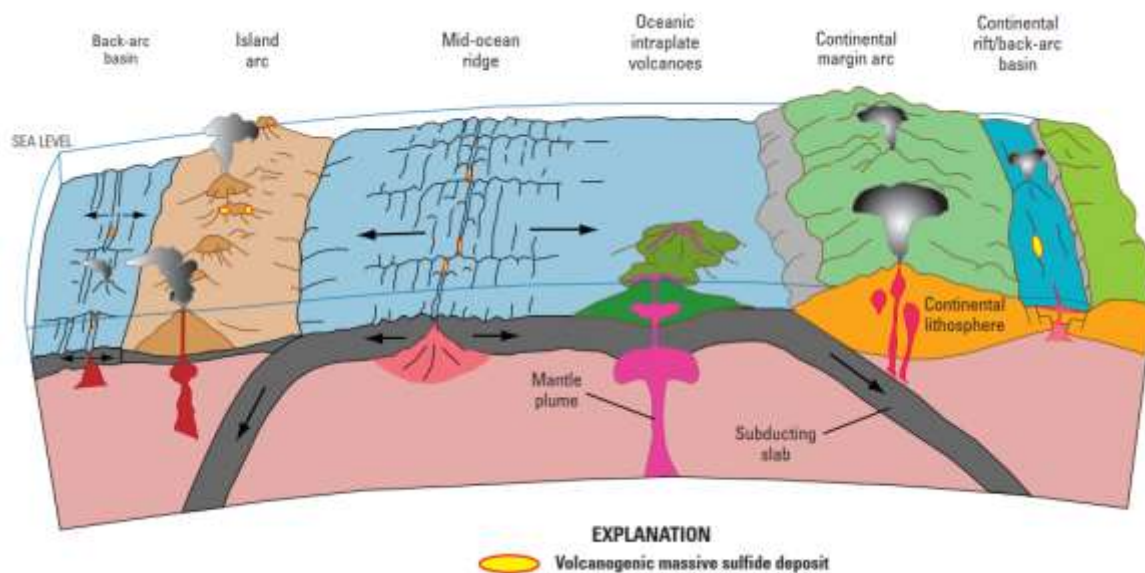


Figura 1.2: Diagrama esquemático del contexto geodinámico de las ocurrencias de sulfuros masivos volcanogénicos (Shanks & Thurston, 2012).

Las rocas asociadas con los depósitos de VMS incluyen una variedad de litologías volcánicas y sedimentarias que varían desde máficas hasta félsicas. Las rocas volcánicas que hospedan estos depósitos pueden ser:

- Rocas Máficas: asociadas con dorsales oceánicas y arcos intraoceánicos maduros.
- Rocas Pelíticas-Máficas: asociadas con dorsales cubiertas de sedimentos y arcos intraoceánicos.
- Rocas Bimodales-Máficas: asociadas con arcos volcánicos intraoceánicos y márgenes continentales.
- Rocas Bimodales-Félsicas: asociadas con arcos de margen continental y retroarcos.
- Rocas Siliciclásticas-Félsicas: asociadas con márgenes epicontinentales maduros y retroarcos.

Estas litologías se caracterizan por una mezcla de lavas masivas, almohadilla, hialoclastitas, brechas de lava, depósitos piroclásticos y sedimentos volcanoclásticos (Schulz, 2012).

Rocas Ígneas

Son uno de los tres tipos principales de rocas que conforman la corteza terrestre. Se crean por el enfriamiento y solidificación del magma o lava y se forman tanto en el interior de la tierra, como en la superficie (Winter, 2014).

La clasificación de estas rocas se basa en la proporción de minerales presentes. Generalmente, se dividen en dos grupos: intrusivas o plutónicas y extrusivas o volcánicas (Le Maitre, 2002). Las rocas ígneas intrusivas se forman a partir de la solidificación de magma bajo la superficie terrestre. Por otro lado, las rocas ígneas volcánicas se forman por el enfriamiento rápido del magma en la superficie terrestre (Winter, 2014). Por su composición las rocas ígneas pueden clasificarse como ácidas, intermedias, básicas y ultrabásicas (Winter, 2014). La Figura 1.4 se muestra un diagrama de clasificación de rocas ígneas cálcicas en base a su composición mineral y la Figura 1.5 muestra el diagrama de clasificación de las rocas ígneas extrusivas ácidas.

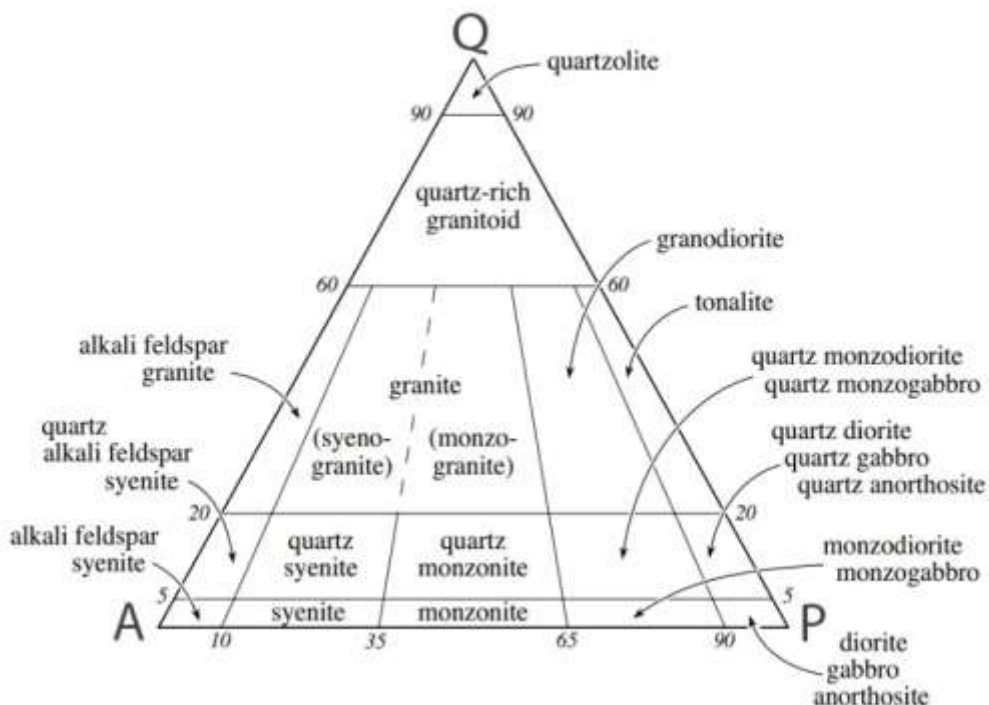


Figura 1.3: Diagramas de clasificación modal QAPF para rocas ígneas intrusivas cálcicas (basada en Streckeisen, 1976, Fig. 1a). Los vértices del doble triángulo son Q = cuarzo, A = feldespato alcalino, P = plagioclasa. Modificado de Le Maitre (2002).

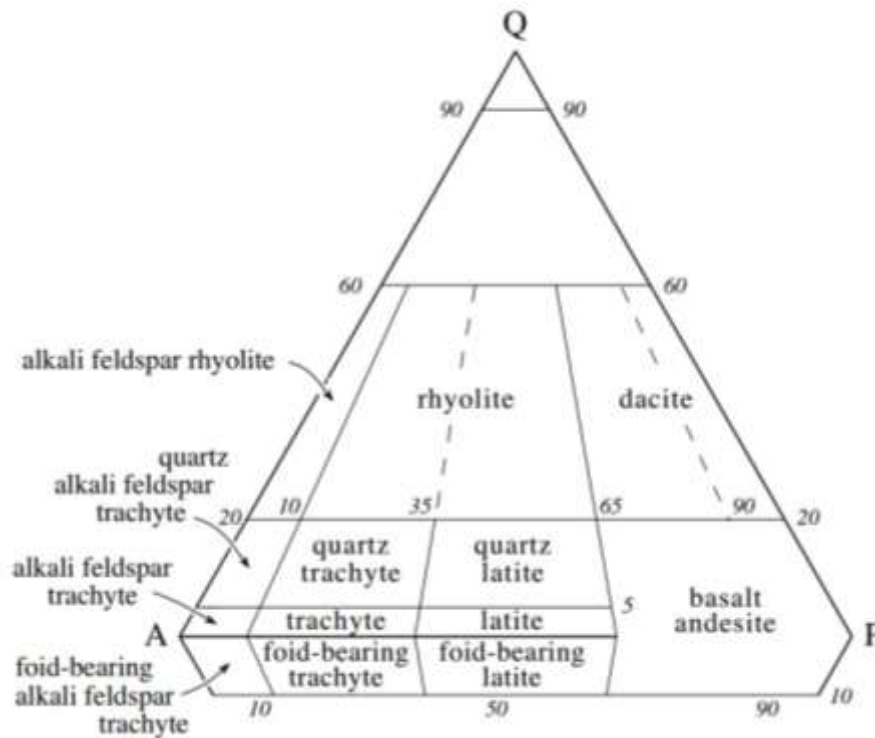


Figura 1.4: Diagramas de clasificación modal QAPF para rocas ígneas volcánicas cálcicas (basada en Streckeisen, 1978, Fig. 1). Los vértices del doble triángulo son Q = cuarzo, A = feldespato alcalino, P = plagioclasa. Modificado de Le Maitre (2002).

Texturas de las rocas ígneas

La textura de las rocas ígneas se refieren a la forma, tamaño, disposición y relación entre los granos minerales que las componen y son el reflejo del ambiente de enfriamiento y tipo de cristalización del magma o lava (White & Houghton, 2006). Existen tres texturas principales:

Textura Fanerítica: se caracteriza por la presencia de minerales intercrecidos lo suficientemente grandes para ser observados a simple vista, generalmente con tamaños mayores a 1mm. Resultan del enfriamiento lento del magma en el subsuelo (White & Houghton, 2006).

Textura Porfírica: fenocristales (cristales grandes) incrustados en una matriz de cristales más pequeños o vidrio (White & Houghton, 2006).

Textura Afanítica: puede ser microcristalinas, cristales extremadamente pequeños indistinguibles a simple vista o vítreas resultado del enfriamiento rápido de la lava que resulta en vidrio volcánico (White & Houghton, 2006).

Rocas volcanosedimentarias

El término “volcanosedimentos” se refieren a cualquier material formado del transporte, depositación o redepositación de productos de actividad volcánica. Este tipo de rocas son el resultado de procesos complejos de fragmentación transporte y depositación en ambientes volcánicos e incluyen materiales arrojados durante una erupción, así como productos de retrabajamiento por agentes erosivos (Manville et al., 2009).

Tipos de volcanosedimentos

La clasificación de los volcanosedimentos se hace en base a distintos criterios. Según el mecanismo de depositación y el origen de los clastos pueden ser primarios y secundarios. Los volcanosedimentos primarios, conocidos también como piroclásticos, son formados directamente por procesos volcánicos a través de erupciones (White & Houghton, 2006). En cambio, los volcanosedimentos secundarios, también descritos como epiclastos, involucran el retrabajamiento de materiales volcánicos previamente depositados (Manville et al., 2009).

Por otro lado, los volcanosedimentos se clasifican principalmente según el tamaño de grano. En la Figura 1.6 se muestra una tabla detallando la clasificación de volcanosedimentos en función de su tamaño de grano.



Figura 1.5: Clasificación de rocas volcanoclásticas según el tamaño de fragmentos según Fisher, 1966. Modificado de Le Maitre (2002).

Alteraciones Hidrotermales

Las alteraciones hidrotermales se producen debido a la interacción de fluidos calientes con las rocas huésped modificando su composición mineralógica y química. Estos procesos generan zonas distintivas importantes en la exploración de yacimientos minerales (Shanks & Thurston, 2012).

Las alteraciones hidrotermales típicas en los depósitos VMS incluyen la sericitización, cloritización y silicificación. La zonificación mineralógica es común, con minerales como la clorita y la sericita predominando en el núcleo de la alteración, y minerales de sílice y carbonato en los extremos. Esta zonificación es indicativa de cambios en los gradientes de temperatura y química de los fluidos hidrotermales (Galley et al., 2007). La Figura 1.3 muestra la zonación de las alteraciones hidrotermales en un sistema tipo VMS.

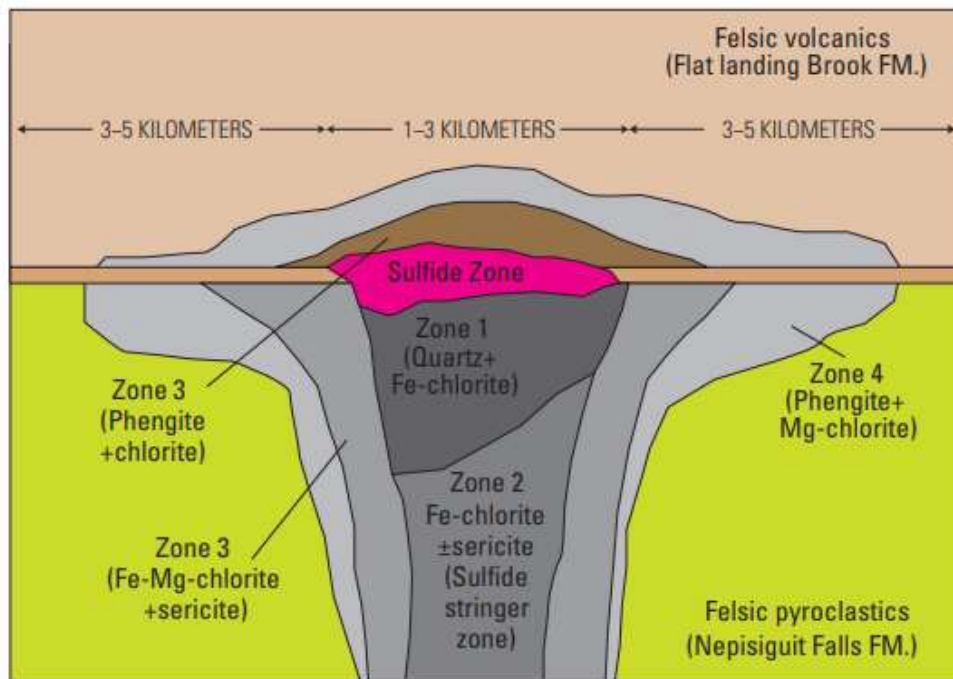


Figura 1.6: Zonificación de alteración hidrotermal en depósitos de sulfuros masivos volcánicos en el distrito de Bathurst. (Shanks & Thurston, 2012; modificado de Goodfellow, 2007).

2 CONTEXTO GEOLÓGICO

2.1 Geología regional

Los Andes sudamericanos forman una cadena montañosa de más de 7000 km de longitud. En la actualidad, esta zona se caracteriza por una subducción casi ortogonal de la placa Nazca bajo la Sudamericana y abarca desde Colombia hasta la Patagonia (Boland et al., 2000). En el Ecuador los Andes se dividen en cordillera Occidental y Cordillera Real separados por el Valle Interandino. La evolución geodinámica de la Cordillera Occidental desde el cretácico tardío comienza con la Formación del basamento de afinidad de plateau oceánico sobre el cual se formaron arcos de islas que incluyen Río Cala y la Formación Cayo que colisionaron al margen continental durante el Campaniano tardío (Kerr et al., 2002).

Durante el Eoceno tardío se dio la Formación del arco submarino Macuchi desarrollado al borde occidental de la Cordillera Occidental que incluye secuencias volcanoclásticas y rocas volcánicas (Vallejo et al., 2019). La Formación de este arco estuvo acompañada de la depositación de secuencias volcanoclásticas submarinas y turbidíticas de la Formación Apagua (Vallejo et al., 2009). En el Oligoceno se dio una continua actividad volcánica que continuó con la Formación del Grupo Saraguro y la unidad San Juan de Lachas al norte del país (Vallejo et al., 2019). Este proceso llevó a la Formación de una zona de cizalla denominada como Chimbo-Toachi, que marca la sutura entre los bloques, Pallatanga y Macuchi (Hughes & Pilatasig, 2002a). La Figura 2.1 muestra un mapa con las ubicaciones de los principales bloques y unidades geológicas que forman la Cordillera Occidental.

La litología de la Formación Pallatanga está compuesta por lavas basálticas submarinas y doleritas, similares a los basaltos del plateau del Caribe que se acrecionaron al continente. La Unidad San Juan incluye un complejo ultramáfico con gabros estratificados, peridotitas y dunitas. El Arco Río Cala se compone de rocas volcánicas y volcanoclásticas depositadas como turbiditas durante el Cretácico tardío, sugiriendo un entorno de arco insular intra-oceánico. La Formación Yunguilla consiste en lutitas y areniscas finas turbidíticas, con una fuerte influencia metamórfica y de corteza continental. El Grupo Angamarca, que incluye las unidades Saquisilí, Apagua, Pilaló, Unacota, El Laurel y Rumi Cruz, está compuesto por una secuencia de relleno de cuenca siliciclástica con areniscas turbidíticas, lutitas, limolitas y conglomerados, mostrando una mezcla de minerales de rocas metamórficas y volcánicas. La Formación Macuchi presenta rocas volcanoclásticas y volcánicas primarias de composición basáltica a andesítica, depositadas en un arco volcánico submarino. La Formación Silante del Mioceno muestra una fuerte presencia de minerales como piroxeno,

hornblenda y circón euhedral. Finalmente, la Unidad Rumi Cruz incluye conglomerados no marinos, areniscas y lutitas rojas, probablemente depositadas en un sistema de delta de abanico, representando la parte más joven del Grupo Angamarca (Vallejo et al., 2019).

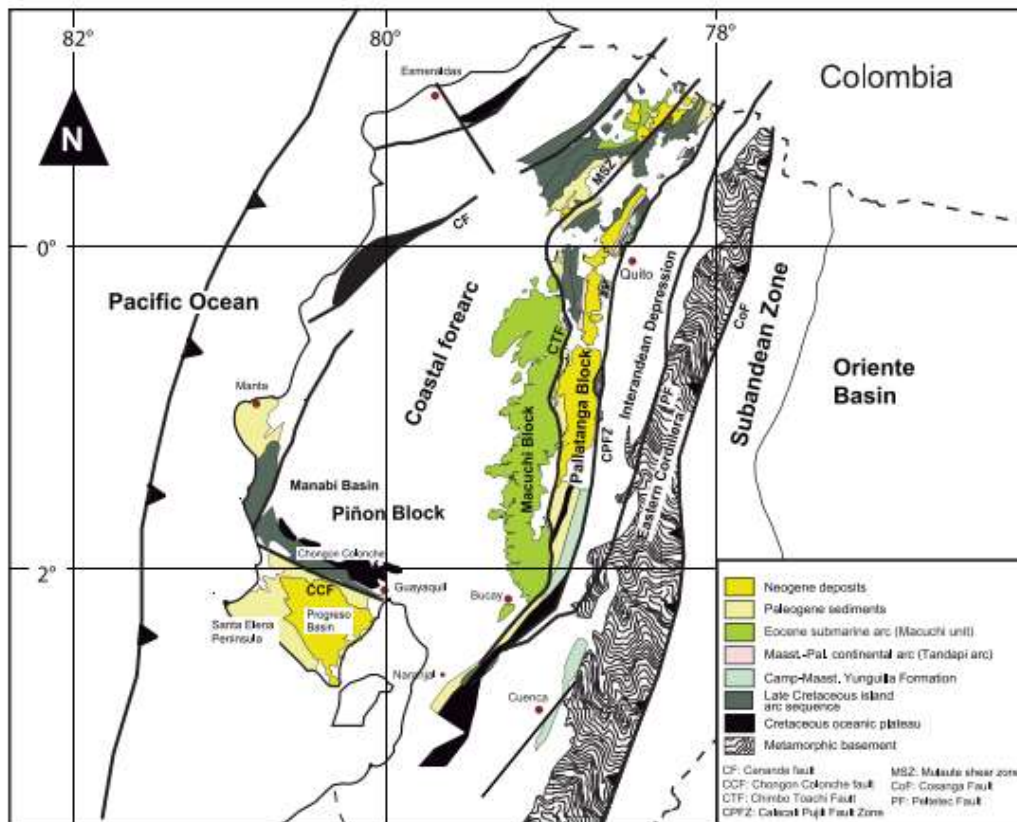


Figura 2.1: Mapa geológico que muestra los principales bloques y unidades geológicas de la Cordillera Occidental en el Ecuador (Vallejo et al., 2019; modificado de Mamberti et al, 2003).

Durante el neógeno la Cordillera Occidental ha sido marcada por una serie de eventos magmáticos significativos evidenciados por la intrusión de granitos tipo I del Eoceno tardío a más jóvenes. Además, la depositación de sedimentos volcanoclásticos y sedimentarios que se sitúan sobre las formaciones más antiguas de manera discordante (Bourgeois et al., 1990). Estos eventos son la evidencia de la subducción de la placa Nazca bajo la Sudamericana que formó un arco continental activo en este periodo (Hughes & Pilatasig, 2002a).

El arco submarino Macuchi ubicado al oeste de la Cordillera Occidental del Ecuador es una región de interés geológico debido a que alberga depósitos minerales de gran potencial económico para el país. Entre los depósitos minerales más característicos se encuentran los sulfuros masivos volcanogénicos (VMS) ricos en oro, cobre y zinc, los cuales resaltan

los depósitos La Plata, Macuchi, El Domo; y otros prospectos minerales como Rome-Gold. El estudio del presente trabajo se enfoca en la geología de este último sector.

2.2 Geología Local

La zona de estudio se encuentra ubicada dentro de la Formación Macuchi descrita como volcanosedimentos y lavas basálticas de edades del Paleoceno al Eoceno (Egüez et al., 2017). En esta zona se encuentra ubicado el proyecto minero Rome Gold S.A. (antiguamente conocido como Ximena) que incluye litologías de la Formación Macuchi describiéndose volcanosedimentos de ambientes marinos, intercalados con paquetes de lavas basáltica, todo esto atravesados por cuerpos intrusivos dioríticos de diferentes tamaños y un intrusivo cuarzodiorítico de gran tamaño (Rivadeneira, 2001).

El prospecto se caracteriza por 2 unidades litológicas: Las inferiores están dominadas por brechas ignimbríticas y sedimentos finos alterados por skarn, mientras que las unidades superiores consisten en sedimentos tobáceos laminados y basaltos con pillow-lavas. La mineralización de skarn y la alteración asociada muestran una clara zonificación en relación con la proximidad al intrusivo cuarzodiorítico (Rivadeneira, 2001).

Por su parte, los VMS en la zona están asociados principalmente con los niveles de skarn y muestran características de mineralización con pirita, esfalerita, calcopirita y otros sulfuros diseminados en vetillas y capas masivas. Estos depósitos se han identificado en afloramientos como el de Vargas, donde se observan niveles de sulfuro masivo con una fuerte asociación de cuarzo, sericita y óxidos de hierro y manganeso (Rivadeneira, 2001).

3 METODOLOGÍA

3.1 Muestreo

Este trabajo inició con una fase de campo que se desarrolló durante 3 días, el muestreo empezó en la mina Rome Gold en el cantón de la Maná y posteriormente en sus alrededores al sur oeste de la provincia de Cotopaxi. Se tomaron 6 muestras en afloramientos y 6 muestras en las galerías de la mina. En la Tabla 3.1 se muestra la descripción detallada de la ubicación de las muestras tomadas utilizando el sistema de coordenadas UTM WGS84.

Tabla 3.1: Tabla detallado las coordenadas UTM WGS 84 de las muestras recolectadas para este trabajo.

Muestras Código	Norte	Este	Elevación	Zona de ubicación
LM-01	9901382,0000	716119,0000	1241,0000	El Tingo
LM-02-01	9893341,0000	696793,0000	356,0000	La Maná
LM-02-02	9893453,0000	696674,0000	412,0000	La Maná
LM-03	9892740,6340	695820,4180	248,0525	Mina Rome-Gold SA (Galería María)
LM-04	9892662,4520	695829,7430	247,7525	Mina Rome-Gold SA (Galería María)
LM-05-01	9892670,9130	695354,1120	246,1590	Mina Rome-Gold SA (Galería Renata)
LM-05-02	9892666,3810	695370,0260	245,7590	Mina Rome-Gold SA (Galería Renata)
LM-06	9892681,4610	695427,7790	245,8211	Mina Rome-Gold SA (Galería María)
LM-07	9892633,4740	695428,1140	244,6084	Mina Rome-Gold SA (Galería María)
LM-08	9902183,0000	719069,0000	1602,0000	El Tingo
LM-08-02	9901847,0000	719115,0000	1562,0000	El Tingo
LM-09	9901717,0000	714673,0000	992,0000	El Tingo
LM-10	9875522,0000	705291,0000	920,0000	El Tingo

3.2 Petrografía

3.2.1 Análisis y Descripción Macroscópica

La descripción de las 12 muestras de rocas se realiza mediante el uso de lupas de mano con aumento de 20X, rayador de dureza de carburo de tungsteno, ácido y lápiz magnético. Con estos elementos se determina características como color, textura, estructuras, magnetismo, presencia de carbonatos, sulfuros o vetillas y la distinción de los principales minerales y minerales de alteración presentes en las muestras de mano. La Figura 3.1 muestra los materiales utilizados para la descripción macroscópica.



Figura 3.1: Materiales utilizados para la descripción macroscópica de las muestras. A) Lupa de mano de 20X. B) Ácido clorhídrico al 10% de concentración. C) Lápiz magnético. D) Rayador de carburo de tungsteno.

3.2.2 Elaboración de láminas delgadas

Para la elaboración de láminas delgadas se siguen los siguientes pasos:

Las muestras se cortan con un disco de diamante lubricado con agua durante la realización del corte (Figura 3.2A). De este procedimiento se obtienen prismas rectangulares de 2,8 cm de largo x 4,8 cm de ancho y 1 cm de alto observados en la Figura 3.2 E (Grundmann & Scholz, 2015).

Una de las caras del prisma rectangular es seleccionada y se pule con papel de carburo de silicio de 180, 400 y finalmente 1200 grids para eliminar las rugosidades y obtener una

superficie completamente lisa para el posterior pegado. La Figura 4.2 B muestra el papel lija utilizado en este paso.

Una vez terminado el pulido de la cara se procede a montar el prisma rectangular en un portaobjetos. El pegado de las muestras se realizó con una resina acrílica que se seca con luz UV en un tiempo de 3 a 4 minutos.

Las muestras montadas en el portaobjetos se cortan en dos fases. En la primera fase se reduce el ancho de la muestra a 1mm. En la segunda fase se pule hasta llegar a un tamaño de alrededor de 0.1mm (Wells, 1965). La Figura 3.2C muestra las cortadoras utilizadas para este procedimiento.

Para obtener el grosor de 30 μm de la lámina delgada se procede a realizar un rectificado final con polvos de carburo de silicio de 400 y 1000 grids sobre superficies de vidrio con agua. En la figura 4.3 C se muestran los polvos SiC usados en este paso de la elaboración.

Finalmente se procede a colocar el bálsamo de Canadá y sobre las muestras y en estas el cubreobjetos. La Figura 3.2 F muestra las láminas finales obtenidas luego del proceso.

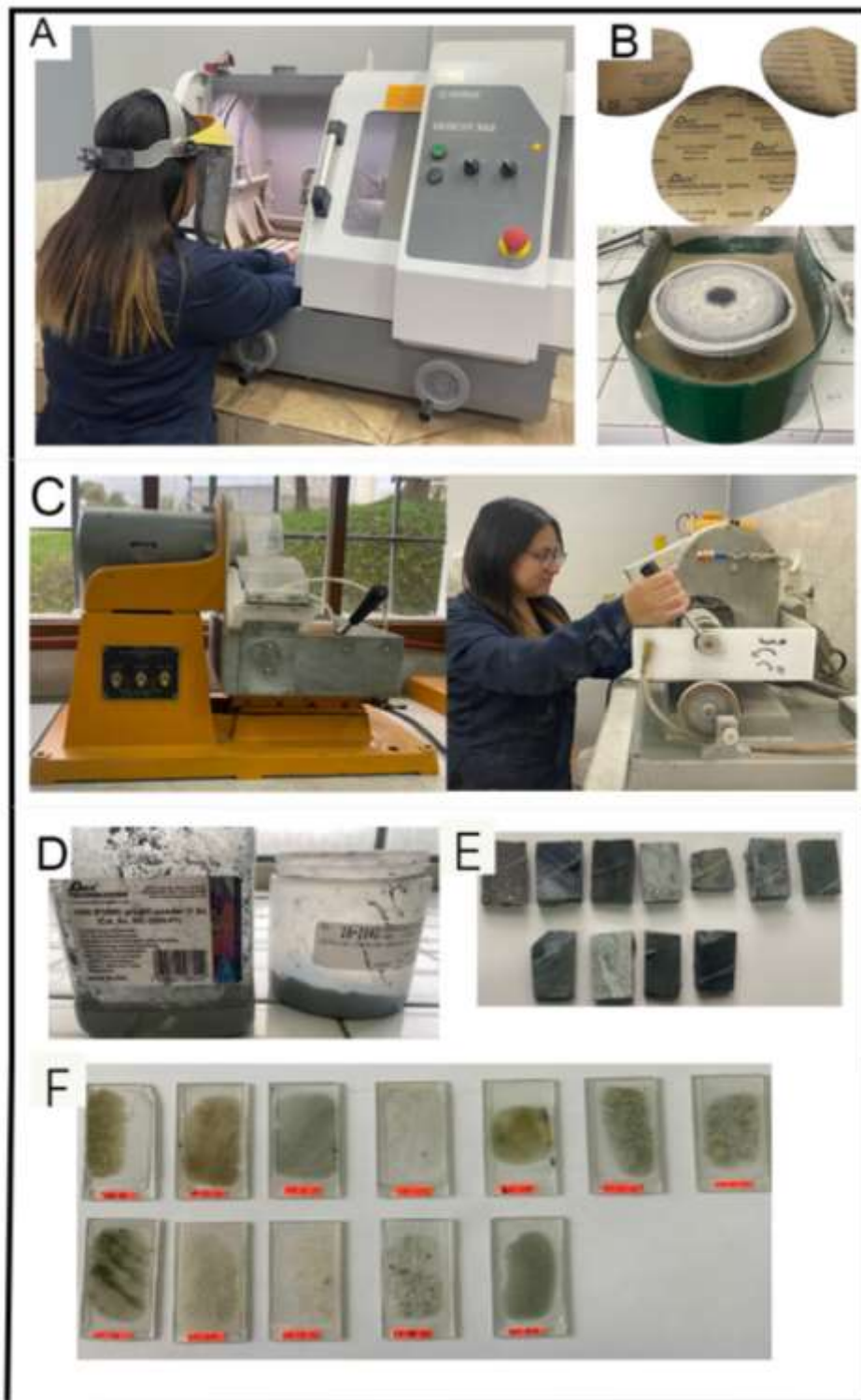


Figura 3.2: Equipos utilizados para la elaboración de láminas delgadas. A) Cortadora con disco de diamante utilizada para la elaboración de los chips. B) Papeles lijas de 180, 400 y 1200 junto con el equipo para su uso. C) Maquinas de cortado para obtener la lámina de 1 cm y 0.1mm. D) Polvos de carburo de silicio. E) Chips obtenidos con la cortadora de disco de diamante. f) Láminas delgadas obtenidas luego del proceso de elaboración.

4 RESULTADOS

En este estudio se realizó un análisis macroscópico y microscópico de 12 muestras de rocas. El mapa de la figura 4.1 indica las ubicaciones donde fueron extraídas las muestras. A continuación, se presenta la descripción de los análisis realizados para cada una de las muestras.

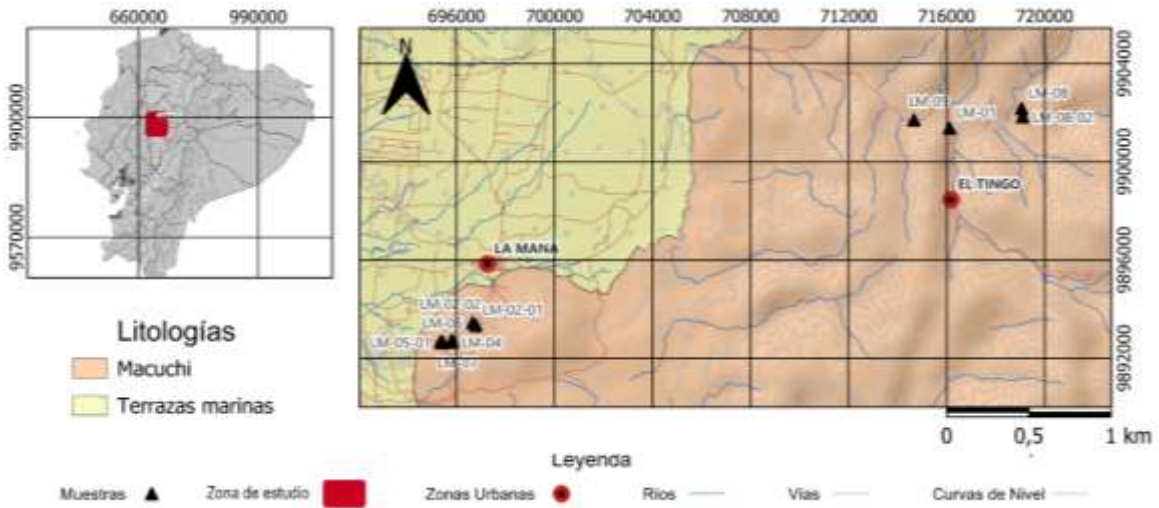


Figura 4.1: Mapa de ubicación de las muestras de roca tomadas para este estudio, basándose en el Mapa Geológico de la República del Ecuador de Egüez et al. (2017).

4.1 Descripción macroscópica

Muestras LM-02-01 y LM-02-02

Las muestras LM-02-01 y LM-02-02 fueron recolectadas en el cauce de la quebrada Estéreo Hondo en las inmediaciones de la concesión minera Rome Gold S.A en el cantón de La Maná. Las rocas recolectadas pertenecen a un afloramiento que tiene más de 60 m de espesor. La muestra LM-02-01 fue tomada a la base de este afloramiento a una altura de 356 m sobre el nivel del mar. Aquí se observaron rocas de color gris verdoso con una estructura masiva recubiertas por una pátina de color café debido a la meteorización de la quebrada (Figura 4.3 A). La muestra LM-02-02, en cambio, fue recolectada a 60 m sobre la muestra LM-02-01. En esta se observaron rocas de color café, similares a la anterior muestra, como producto de una meteorización presente en el lugar. Aquí se observó una estructura estratificada de volcanosedimentos y presencia de vetillas con alta oxidación (Figura 4.3 B).



Figura 4.3: A) Afloramiento de la muestra LM-02-01 en el cauce de la quebrada Estéreo Hondo, donde se observan rocas de color gris verdoso con una estructura masiva, recubiertas por una pátina de color café debido a la oxidación generada por el agua de la quebrada. B) Afloramiento de la muestra LM-02-02 donde se observan rocas de color café rojizo debido a la presencia de una alta meteorización, con una estructura estratificada de volcanosedimentos y vetillas con alta oxidación.

La muestra de mano LM-02-01 es de color gris oscuro. La textura es clásica y presenta una estructura de flujo evidenciada por la alineación de los fragmentos líticos. La matriz parece ser microcristalina de color gris verdoso, representando el 95% de la composición. Los fragmentos líticos son redondeados de tamaños inferiores a los 2 mm de color gris oscuro y constituyen el 5%. Muestra un magnetismo moderado y se observan vetillas compuestas de pirita (ver anexo 1.2).

La muestra de mano LM-02-02 presenta colores grises y cafés oscuros. La textura es clásica y exhibe una matriz con estructura de bandeamiento, con intercalación de colores cafés y grises (95%). Se observan vetillas de clorita y cristales de pirita diseminada (2%), fragmentos de rocas alterados a arcillas (2%) y minerales máficos (1%). Presenta un magnetismo moderado (ver anexo 1.3).

Muestras LM-03, LM-04, LM-05-01, LM-05-02, LM-06 y LM-07

Estas muestras fueron recolectadas al interior de la Mina Rome Gold, en las galerías María (LM-01 y LM-04) y Renata (LM-05-01, LM-05-02, LM-06 y LM-07).

La muestra de mano LM-03 presenta un color gris claro, tiene una estructura de intercalación entre tobas silicificadas y sulfuros de espesores entre 0.5 cm a 4.5 cm. La composición mineral incluye calcita y malaquita en un 1%, el resto es una matriz microcristalina gris (93%). Las vetillas presentes en la muestra están compuestas de clorita y pirita. Los sulfuros de pirita, se encuentra en capas, en vetillas y diseminada en las tobas representando un 2%. En la muestra, no se pueden distinguir minerales específicos, debido a la alta silicificación que presenta (ver anexo 1.4).

La muestra de mano LM-04 presenta un color que varía de verde amarillento a gris, presenta una textura granoblástica y posee un magnetismo débil. La composición mineral incluye epidota (45%), cuarzo (30%), calcita (15%), clorita (9%), granate, pirita y magnetita (menos del 1%) (ver anexo 1.5).

La roca LM-05-01 presenta color gris y una textura fanerítica. Su estructura es masiva y no exhibe propiedades magnéticas. En cuanto a su composición mineral contiene plagioclasa (45%), cuarzo (15%), clorita (20%), este último resultante de la alteración de minerales máficos. Adicionalmente, se observa epidota (2%) como producto de la alteración de las plagioclasas, y reemplazamiento de calcita (15%). Los sulfuros de pirita se encuentran diseminados en un 3% (ver anexo 1.6).

La roca LM-05-02 presenta un color gris y una textura fanerítica con una estructura masiva. En cuanto a su composición mineralógica, la roca contiene plagioclasa (66%), anfíboles (24%) y cuarzo (5%). Además, reemplazamiento de calcita (1%) y epidota (1%) resultante de la alteración de las plagioclasas. La clorita (1%) proveniente de la alteración de anfíboles. Se observa pirita diseminada, que representa el 2% de la composición total (ver anexo 1.7).

La roca LM-06 presenta un color gris verdoso con intercalaciones grises claras y blancas. Su textura es clástica y exhibe una estructura de bandeamiento, relacionada posiblemente con la Formación de turbiditas. En términos de composición se observa alteración total de la roca compuesta de minerales de clorita, epidota y calcita. Los sulfuros identificados incluyen esfalerita, galena y pirita presentes en un 1%. La muestra presenta un magnetismo débil (ver anexo 1.8).

La roca LM-07 presenta un color verde y una textura clástica. En términos de composición, se observan sulfuros identificados como pirita, que constituyen el 3% de la roca. La matriz de la roca es predominantemente vítrea, representando el 75%. Los fragmentos con formas angulares de cuarzo constituyen el 7%, y fragmentos líticos de tamaños que varían entre 1 y 3 mm, con formas redondeadas a subredondeadas presentan colores verdes oscuro y grises los cuales representan el 15% de la roca (ver anexo 1.9).

Muestras LM-01, LM -08-01, LM-08-02 y LM-09

Las muestras LM-01, LM -08-01, LM-08-02 y LM-09 fueron recolectadas a lo largo de la vía El Tingo – La Maná.

El afloramiento de la muestra LM-01 presenta rocas de tonos negros y grisáceos, una textura masiva y presencia de fracturas en varias direcciones. El afloramiento tiene un espesor aproximado de 50 m y está compuesto por volcanosedimentos (Figura 4.2).



Figura 4.2: Base del afloramiento de la muestra LM-01 de 50 m de espesor expuesto a lo largo de la vía El Tingo - La Maná (9901382 N, 716119,0000 E), donde se observan rocas de tonos negros y grisáceos, una estructura masiva y presencia de fracturas en varias direcciones.

La roca de la muestra LM-01 tiene un color gris verdoso, textura clástica y presenta una estructura masiva. La composición de la roca incluye fragmentos de andesitas de color gris, con tamaños que varían entre menos de 1 mm hasta 40 mm, representando un 30% del total. Los fragmentos de roca presentan vesículas rellenas de cuarzo y calcita. Además, se observan fragmentos de cristales de plagioclasa que constituyen el 7%. La matriz vítrea representa un 62%, mientras que los minerales máficos están presentes en un 1% (ver anexo 1.1).

La roca de la muestra LM-08-01 tiene un color crema con gris, una textura porfirítica con presencia de pequeñas vesículas (1%), muestra una marcada silicificación y tiene una estructura masiva. Se observan plagioclasa (39%) rodeadas por una matriz blanquecina (50%) que no se distingue y será analizadas en la descripción microscópica, oxidación en colores rojizos en un 10% y vetillas de cuarzo inferiores a 1mm de ancho.

El afloramiento de la muestra LM-08-02 presenta rocas de tonos gris verdosos y cafés rojizos, una estructura masiva y presencia de fracturas en varias direcciones. Este afloramiento tiene un espesor aproximado de 10 metros y está compuesto por rocas volcánicas (Figura 4.4).

La roca de la muestra LM-08-02 presenta un color gris verdoso, textura porfirítica y una estructura masiva. En términos de composición, la roca contiene plagioclasa en un 30%, cuarzo en un 5%, minerales máficos en un 2% y pirita que constituye el 3% de la roca. La matriz, que representa el 60% de la composición total, es microcristalina e indistinguible en muestra de mano (ver anexo 1.11).

La roca de la muestra LM-09 tiene un color verde grisáceo, una textura microcristalina y una estructura masiva, debido a los tamaños de cristales no se pueden diferenciar minerales por lo que serán descritos en el siguiente apartado (ver anexo 1.12).



Figura 4.2: Afloramiento de la muestra LM-08-02, de 10 m de espesor expuesto a lo largo de la vía El Tingo - La Maná (9902183 N, 719069 E), donde se observan rocas de tonos café rojizo y grises, una estructura masiva y presencia de fracturas en varias direcciones.

4.2 Descripción microscópica

LM-01: Toba de lapilli lítica

La muestra LM-01 es una roca matriz soportada, conformada por fragmentos líticos (40%), fragmentos de cristales (10%) y matriz vítrea (50%). Los fragmentos líticos incluyen rocas volcanoclásticas y fragmentos de rocas ígneas extrusivas de composición intermedia, con formas angulares a subangulares de tamaños de 1 a 4 mm (Figura 4.1 A). Estos tienen presencia de vesículas con tamaños inferiores a 100 μm y están rellenas por cuarzo microcristalino, criptocristalino y prehnita en agregados radiales (Figura 4.1 C, 4.1 D), se observa calcita relleno los núcleos en ciertas vesículas (Figura 4.1 D). Los fragmentos de cristales comprenden plagioclasa, clinopiroxenos y ortopiroxenos (Figura 4.1 B). La plagioclasa se presenta alterándose parcialmente a arcillas y con tamaños menores a 1 mm. Los clinopiroxenos y ortopiroxenos se presentan con tamaños menores a 1 mm (ver anexo 1.1)

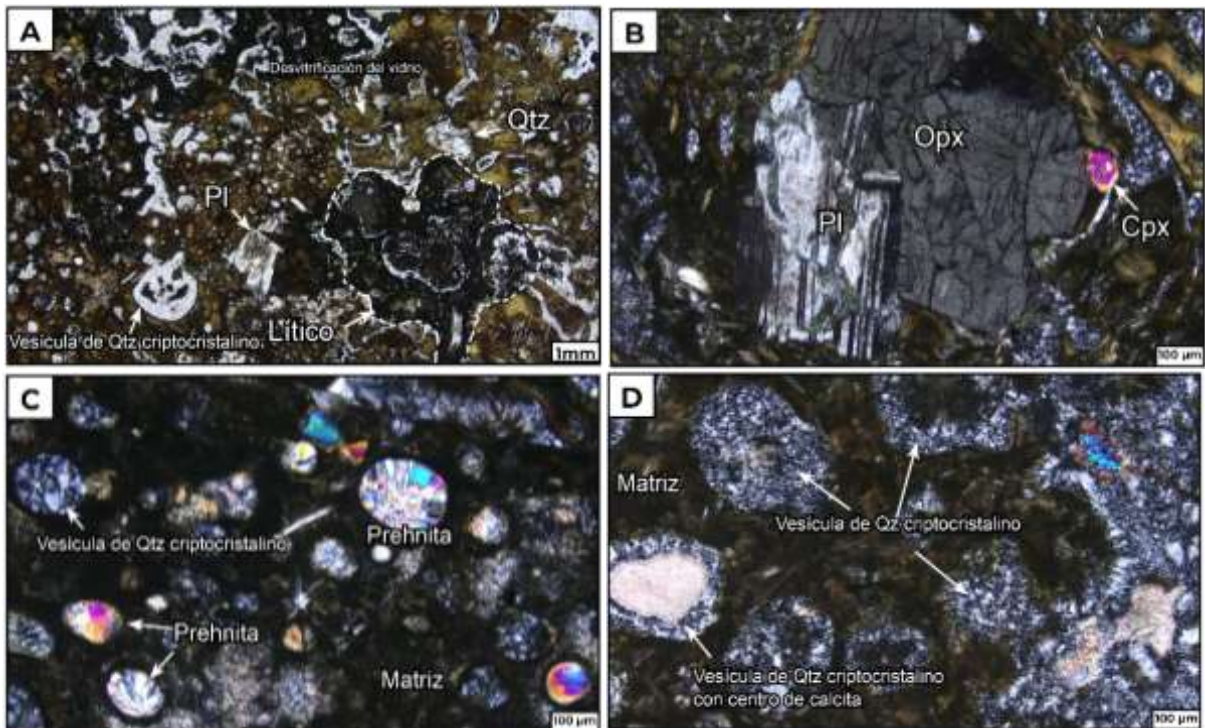


Figura 4.1: Imágenes de lámina delgada con luz polarizada plana (A) y luz polarizada analizada (B, C, D) de la muestra LM-01. A) Fragmentos líticos alterados de color negro, cristales de plagioclasa y vesículas rellenas de cuarzo criptocristalino, todo rodeado por una matriz vítrea de color café debido a la desvitrificación. B) Cristales de plagioclasa, ortopiroxenos y clinopiroxeno con forma euhedral a subhedral C) Vesículas rellenas de prehnita y cuarzo criptocristalino. D) Vesículas con cuarzo criptocristalino y rellenos de calcita en los núcleos de algunas de ellas. Abreviaturas minerales: Pl: plagioclasa, Opx: ortopiroxeno, Cpx: clinopiroxeno, Qtz: cuarzo.

LM-02-01: Toba cristalina

La muestra LM-02-01 es una roca volcanosedimentaria compuesta por fragmentos líticos, fragmentos de cristales y matriz. Los fragmentos líticos de composición volcánoclastica constituyen un 5% de la muestra, son de colores grises oscuro y presentan formas redondeadas. tamaños de 1 a 3.5 mm (Figura 4.2 A). Los cristales presentes incluyen cuarzo, que representa el 2% de la muestra. Estos cristales se encuentran principalmente en vetillas y como fragmentos de cristales con formas anhedrales. También se observan actinolita, constituyendo un 3% de la muestra, siendo posiblemente resultado de la alteración hidrotermal que afectó a minerales máficos. Tanto los cristales de cuarzo como los de actinolita tienen tamaños de 100 μm hasta 1 mm (Figura 4.2 B). La matriz de la muestra es microcristalina y constituye el 85% y está compuesta principalmente de cuarzo y actinolita. A diferencia de los fenocristales, los anfíboles en la matriz (actinolita), presentan formas tabulares con tamaños inferiores a 30 μm (Figura 4.2 C). Además, se observa un 5% de minerales opacos, identificados como pirita por sus formas cúbicas y descripciones en la muestra de mano (ver anexo 1.2).

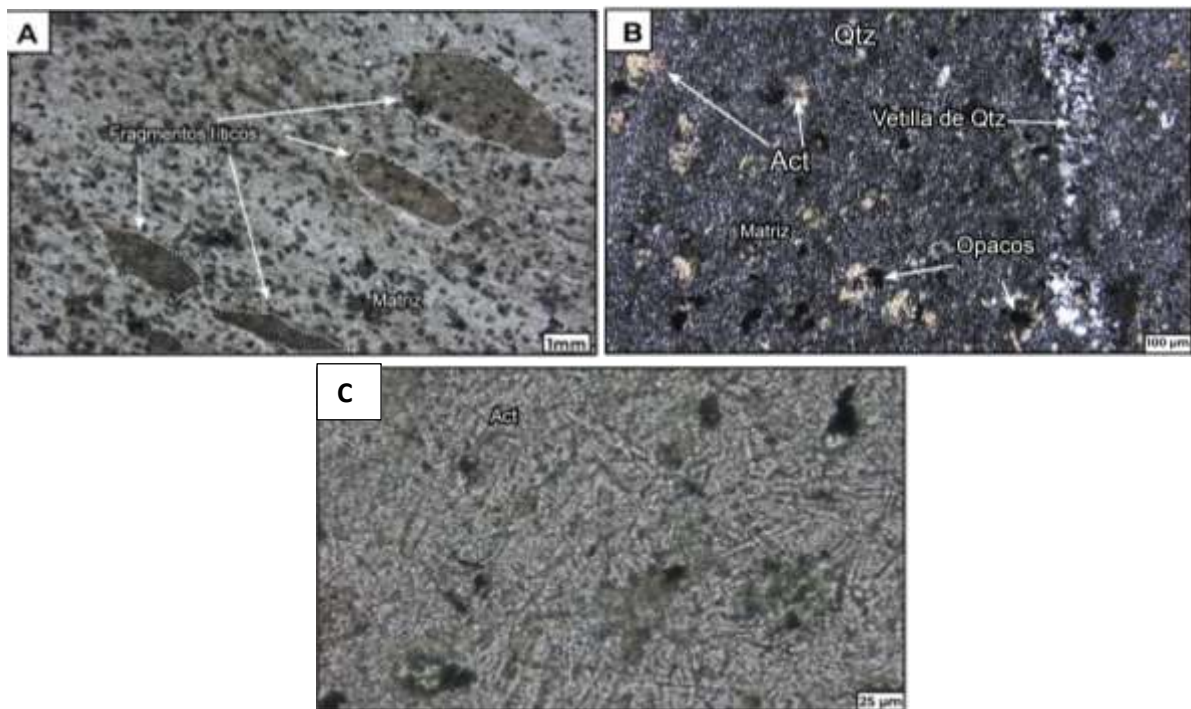


Figura 4.2: Imágenes de lámina delgada con luz polarizada plana (A, C) y luz polarizada analizada (B) de la muestra LM-02-01. A) Fragmentos líticos dispuestos en una dirección preferencial dentro de una matriz microcristalina de cuarzo y actinolita. B) Fragmentos de cristales de cuarzo y actinolita, así como la presencia de minerales opacos y una vetilla de cuarzo. C) Cristales de

actinolita con formas tabulares que forman parte de la matriz de la roca. Abreviaturas minerales:
Qtz: cuarzo, Act: Actinolita.

LM-02-02: Toba cristalina

La muestra LM-02-02 está compuesta por fragmentos líticos, fragmentos de cristales y una matriz microcristalina. Se observa un 5% de fragmentos líticos redondeados a subredondeados de rocas ígneas extrusivas y de rocas alteradas completamente a arcillas. Presentan tamaños menores a los 0.5 mm (Figura 4.3 A). Los cristales presentes incluyen cuarzo (1%), plagioclasa (1%) y actinolita (1%). El cuarzo se presenta con formas anhedrales y se encuentra principalmente en vetillas y como fragmentos de cristales con tamaños menores a las 100µm (Figura 4.3 B). Las plagioclasas presentan con tamaños menores a 100 µm (Figura 4.3 C). La actinolita se presenta como cristales que pueden haber sido el resultado de la alteración hidrotermal de minerales máficos. Algunos de los fragmentos de cristales de actinolita se están alterando a clorita (Figura 4.3 D). La matriz de la muestra constituye un 85% y está compuesta por cuarzo, actinolita y arcillas como posible alteración de plagioclasas. La muestra también contiene opacos, representando un 7%, los cuales pueden asociarse a pirita por sus formas cúbicas. Además, la muestra tiene vetillas de clorita que corta la matriz (Figura 4.3 A) (ver anexo 1.3).

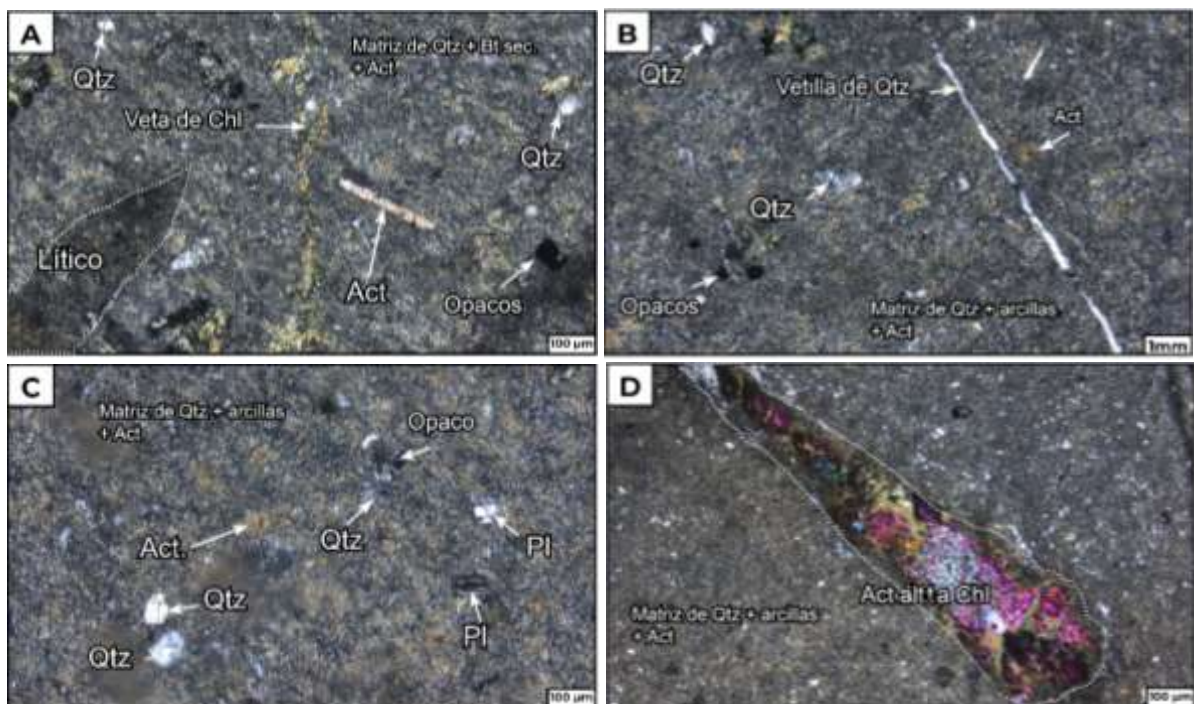


Figura 4.3: Imágenes de lámina delgada con luz polarizada analizada de la muestra LM-02-02. A) Fragmento lítico de composición volcánica parcialmente alterado a arcillas, veta de cuarzo, cristal de actinolita y opacos en una matriz microcristalina. B) Fragmentos de cristales y vetilla de cuarzo una matriz microcristalina de cuarzo, arcillas y actinolita. C) Fragmentos de cristales de cuarzo, actinolita, plagioclasa y opacos en la matriz microcristalina de la muestra. D) Cristal de actinolita

alterándose a clorita. Abreviaturas minerales: Qtz: cuarzo, Act: Actinolita, Pl: plagioclasa y Chl: clorita

LM-03: Toba cristalina

La muestra LM-03 presenta una fracción cristalina y una matriz microcristalina. La fracción cristalina incluye fragmentos de cristales de cuarzo y cuarzo en vetillas, representando un 2% del total de la muestra, con tamaños menores a 200 μm (Figura 4.4 A). Otros fragmentos de cristales incluyen minerales máficos completamente alterados a clorita, con tamaños de hasta 0.5 mm, constituyendo el 25% de la muestra (Figura 4.4 B). Además, se observan minerales opacos, probablemente pirita, debido a sus formas cúbicas y su identificación en la muestra de mano, representando un 13% (Figura 4.4 C). La matriz de la muestra está compuesta principalmente por cuarzo y clorita, alcanzando el 60% del total. En la muestra también fueron identificadas vetillas de clorita y vetillas de cuarzo y clorita (Figura 4.4 D) (ver anexo 1.4).

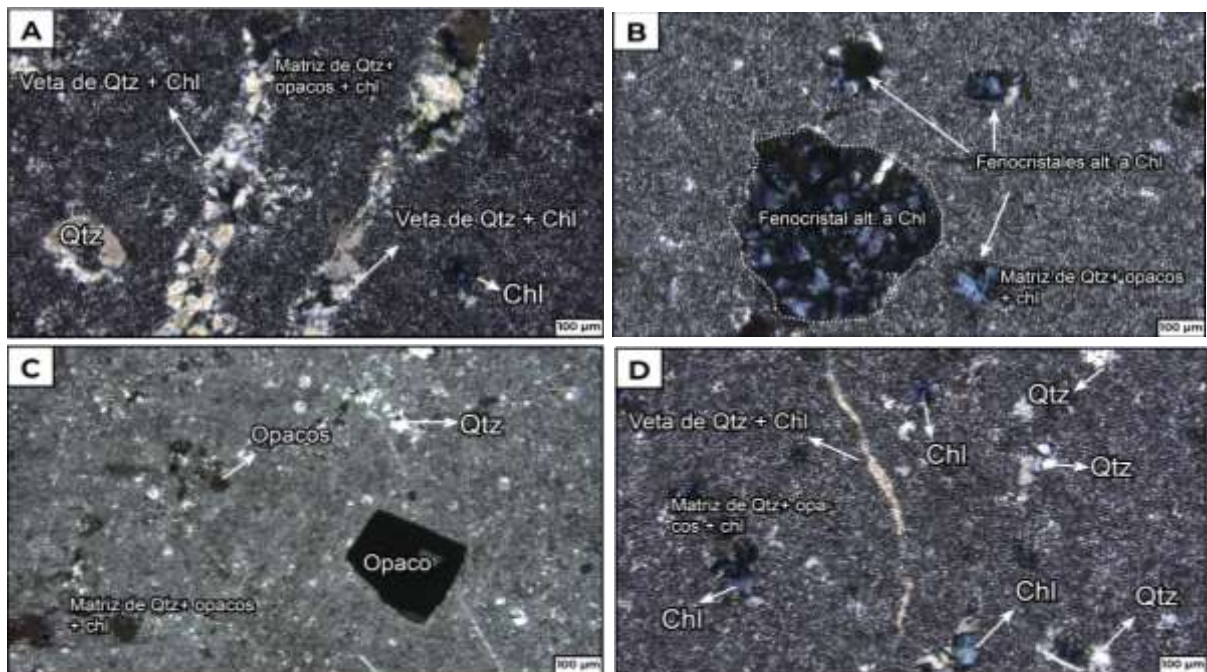


Figura 4.4: Imágenes de lámina delgada con luz polarizada analizada de la muestra LM-03. A) Fragmentos de cristales anhedrales y vetillas de cuarzo en una matriz microcristalina de cuarzo y clorita. B) Fragmentos de cristales de minerales máficos completamente alterados a clorita. C) Minerales opacos, probablemente pirita por su hábito en la matriz microcristalina de la muestra. D) Vetillas de clorita y vetillas compuestas de cuarzo y clorita. Abreviaturas minerales: Qtz: cuarzo y Chl: clorita

LM-04: Skarn

La muestra LM-04 presenta una textura predominantemente granoblástica (Figura 4.5 A), caracterizada por la distribución equigranular de los minerales principales. La composición mineralógica incluye epidota (35%), cuarzo (20%), granate (18%), calcita (12%), wollastonita (10%) y clorita (5%). Los cristales de cuarzo son anhedrales y tienen tamaños menores a 0.5 mm, mientras que los cristales de epidota, calcita, wollastonita y clorita son más pequeños, con tamaños menores a 50 μm y también anhedrales. Los cristales de granate son subhedrales a euhedrales, con tamaños menores a 50 μm (Figura 4.5 B). La calcita se presenta en agregados granulares y la wollastonita exhibe un hábito fibroso (Figura 4.5 C). Además, se observa la presencia de minerales opacos en cantidades traza, dispersos a lo largo de la muestra, con tamaños menores a 0.5 mm (Figura 4.5D) (ver anexo 1.5).

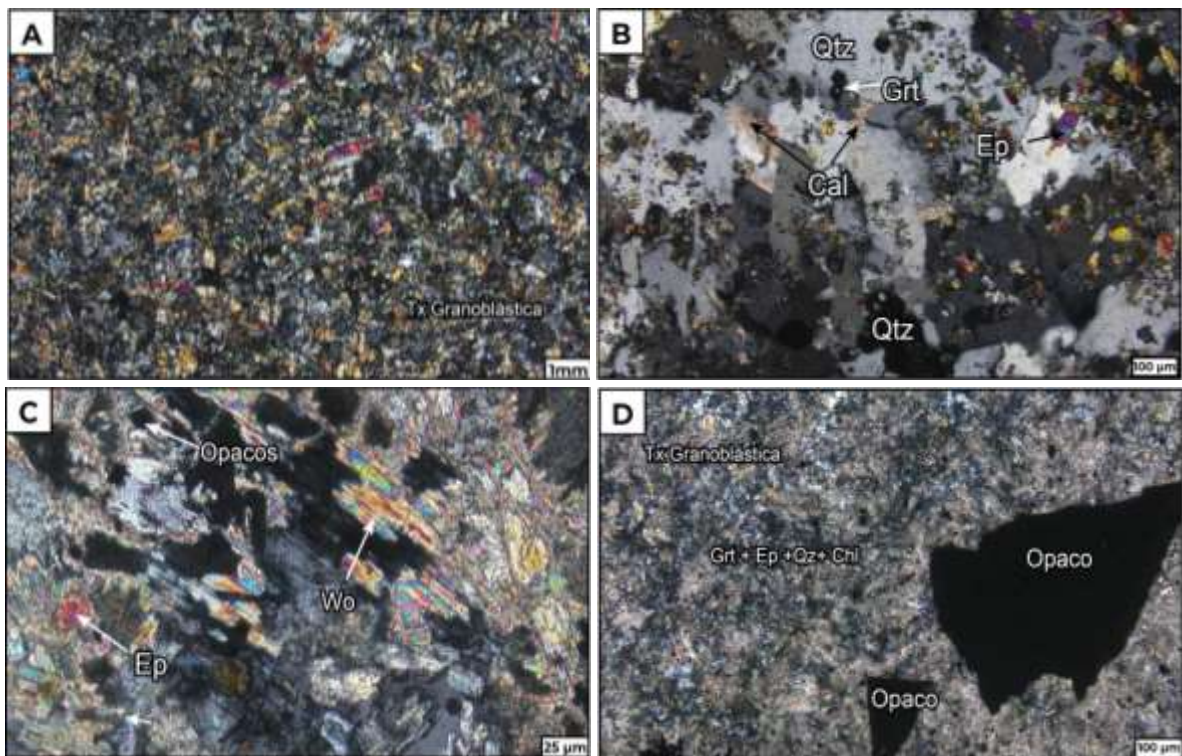


Figura 4.5: Imágenes de lámina delgada con luz polarizada analizada de la muestra LM-04. A) Textura granoblástica predominante de la muestra, caracterizada por la distribución equigranular de los minerales principales. B) Cristales de cuarzo, epidota, calcita y granate con formas anhedrales C) Hábito fibroso de la wollastonita. D) Minerales opacos, dispersos a lo largo de la muestra con tamaños menores a 0.5mm. Abreviaturas minerales: Cuarzo: cuarzo, Ep: Epidota, Cal: calcita, Grt: granate, Wo: wollastonita y Chl: clorita.

LM-05-01: Cuarzodiorita

La muestra LM-05-01 presenta una textura fanerítica y se identifican los siguientes minerales: plagioclasa (40%), cuarzo (15%), clorita (20%), calcita (18%) y arcillas (5%). También se observa la presencia de opacos (2%), que son asociadas a piritas por la descripción en la muestra de mano. Las plagioclasas se presentan como cristales tabulares euhedrales a subhedrales alterándose parcialmente a arcillas (Figura 4.6 A) y reemplazadas por carbonato (Figura 4.6 B) con tamaños de 1 a 3 mm. El cuarzo presenta formas anhedrales con tamaños menores a 1 mm (Figura 4.6 A). La clorita podría ser debido a la alteración completa de minerales máficos como anfíboles y tiene tamaños menores a 1 mm (Figura 4.6 C). Las arcillas se muestran como agregados granulares muy finos de color café (Figura 4.6 A) (ver anexo 1.6).

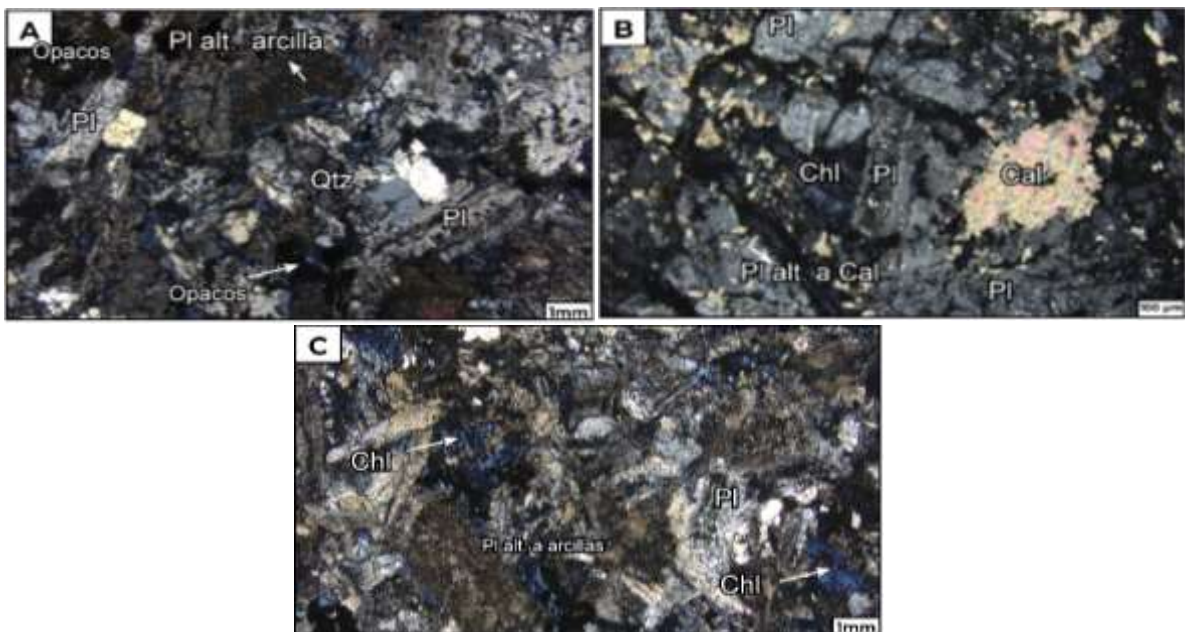


Figura 4.6: Imágenes de lámina delgada con luz polarizada analizada de la muestra LM-05-01. A)

Cristales tabulares de plagioclasa euhedrales a subhedrales, parcialmente alterados a arcillas y cuarzo anhedral. B) Plagioclasas alteradas a Cal. C) Clorita resultante de la alteración completa de minerales máficos. Abreviaturas minerales: Pl: plagioclasa Qtz: cuarzo, Chl: clorita y Cal: calcita.

LM-05-02: Cuarzodiorita

La muestra LM-05-02 presenta una textura fanerítica y está compuesta por plagioclasa (50%), actinolita (15%), cuarzo (5%), epidota (15%), clorita (8%), y calcita (5%). Las plagioclasas se presentan como cristales tabulares euhedrales a subhedrales de tamaños de 1 a 9 mm reemplazándose parcialmente a calcita (Figura 4.7 A). La calcita por su parte se presenta en forma de agregados granulares. Los anfíboles tienen formas que van de anhedrales a subhedrales con tamaños menores a 0.5 mm y se alteran a clorita y epidota (Figura 4.7 B). El cuarzo se presenta de forma anhedral con tamaños menores a las 50 μm (Figura 4.7 C). Además, se observa la presencia de óxidos u opacos (2%), que podrían ser pirritas descritas en la muestra de mano con tamaños menores a las 100 μm (Figura 4.7D) (ver anexo 1.7).

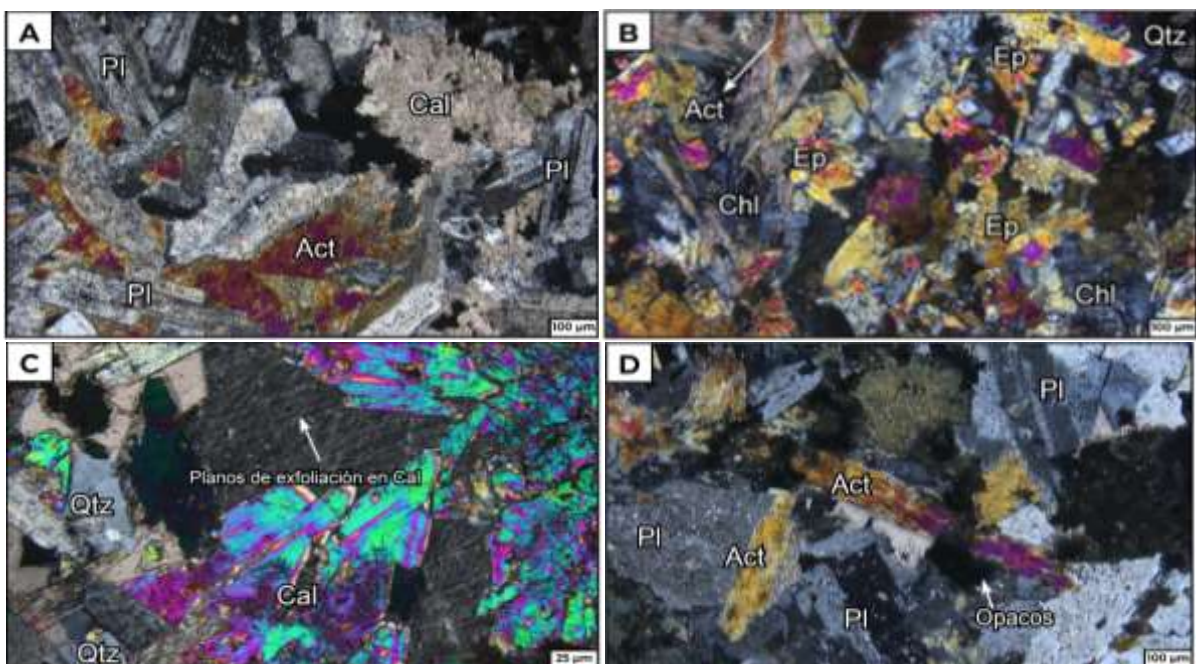


Figura 4.7: Imágenes de lámina delgada con luz polarizada analizada de la muestra LM-05-02. A) Cristales tabulares de plagioclasa euhedrales a subhedrales, parcialmente alterados a calcita. B) Actinolita alterándose a clorita y epidota C) Cuarzo anhedral con tamaños menores a 50 μm . D) Opacos con formas cúbicas asociadas a pirrita descritas en muestra de mano. Abreviaturas minerales: Pl: plagioclasa, Act: actinolita, Cal: calcita, Ep: epidota, Qtz: cuarzo y Chl: clorita.

LM-06: Toba cristalina

La muestra LM-06 presenta una textura clástica microcristalina con una estructura bandeada que presenta diferentes composiciones (Figura 4.8 A). La roca se compone de calcita (45%), clorita (25%) y epidota (15%). También presenta zonas no alteradas con plagioclasa (10%) y cuarzo (5%) (Figura 4.8 B). La epidota con formas anhedrales y la clorita como minerales alargados se encuentran agrupados en una de las capas del bandeamiento (Figura 4.8 C). La calcita, que se presenta en forma de agregados granulares por otra parte se encuentra reemplazando otras capas. Además, se observan minerales opacos (7%) tanto en los fragmentos líticos como en la matriz (ver anexo 1.8).

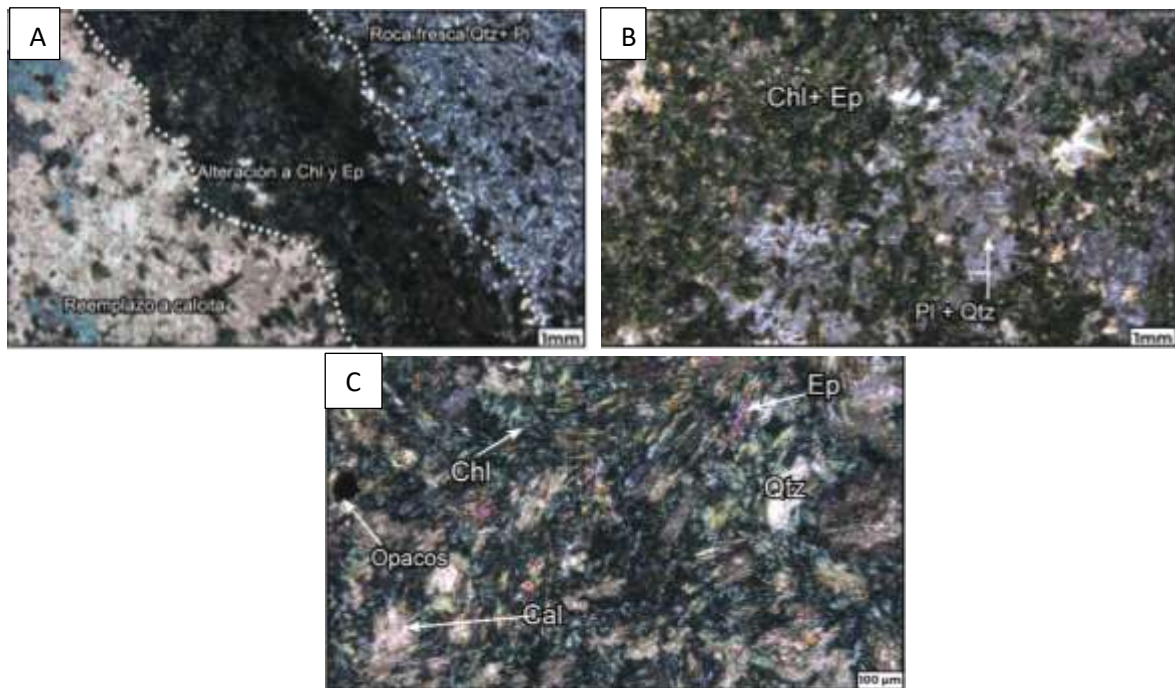


Figura 4.8: Imágenes de lámina delgada con luz polarizada analizada de la muestra LM-06. A) Bandeamiento que presenta la muestra con alteración a calcita y epidota. B) Zonas alteradas y no alteradas de de la roca. C) Agregados granulares de calcita, epidota anhedral, clorita alargada y minerales opacos. Abreviaturas minerales: Cal: calcita, Ep: epidota, Pl: plagioclasa, Qtz: cuarzo, Chl: clorita.

LM-07: Toba lítica

La muestra LM-07 presenta una textura clástica y se identifican los siguientes componentes: fragmentos líticos (10%), plagioclasa (5%), cuarzo (3%), matriz altamente alterada (72%) y opacos (10%). Los fragmentos líticos son de naturaleza ígnea andesítica, volcanoclásticos y algunos presentan oxidación. Tienen formas redondeadas, con tamaños de 1 a 3 mm, y muestran una mala clasificación (Figura 4.9 A, B). El cuarzo presente en la muestra rellena espacios de antiguos fragmentos de roca o cristales, y se presenta con formas subhedrales a anhedrales, con tamaños menores a 100 μm (Figura 4.9 A). La plagioclasa se presenta como fragmentos angulosos (Figura 4.9 B). La matriz está alterada a arcillas y se encuentra oxidada, se observa la presencia de cuarzo y vidrio en ciertas zonas (Figura 4.9 A, B). Además, se observa la presencia de minerales opacos, que representan el 10% de la muestra, tanto en la matriz como en los fragmentos líticos. Por sus formas cúbicas, estos minerales podrían asociarse a la pirita (ver anexo 1.9).



Figura 4.9: Imágenes de lámina delgada con luz polarizada plana (A) y luz polarizada analizada (B) de la muestra LM-07. A) Fragmentos líticos oxidados, además cuarzo relleno espacios de antiguos cristales y fragmentos de plagioclasa en la matriz altamente alterada a arcillas. B) Fragmentos de plagioclasa y fragmentos de líticos oxidados en una matriz alterada a arcillas.

Abreviaturas minerales: Qtz: cuarzo, Pl: plagioclasa.

LM-08-01: Andesita

La muestra LM-08-01 presenta una textura porfírica y está compuesta por minerales: fenocristales de plagioclasa (7%) y una matriz microcristalina formada por plagioclasa (40%), cuarzo (34%), sericita (13%) y arcillas (5%). Los fenocristales de plagioclasa tienen formas tabulares euhedrales, con tamaños alrededor de 1 mm. Algunos fenocristales de plagioclasa están alterándose a arcillas y sericita (Figura 4.10 A). El cuarzo aparece como cristales anhedrales en vetillas (Figura 4.10 B). En la matriz, las plagioclasas y los cuarzos son anhedrales, con tamaños menores a 25 μm . Además, se observan vesículas menores a 1 mm (1%) (Figura 4.10 B) (ver anexo 1.10).

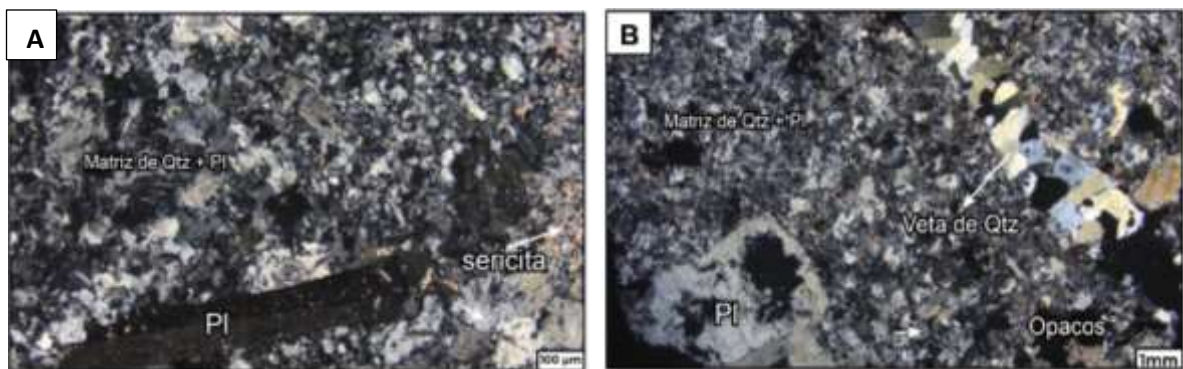


Figura 4.10: Imágenes de lámina delgada con luz polarizada analizada de la muestra LM-08-01. A) Fenocristales de plagioclasa alterándose a sericita en la matriz microcristalina de plagioclasa + cuarzo. B) Veta de cuarzo y cristal de plagioclasa en una matriz microcristalina de cuarzo y plagioclasa. Abreviaturas minerales: Qtz: cuarzo, Pl: plagioclasa.

LM-08-02: Andesita

La muestra LM-08-02 presenta una textura porfírica y se compone de fenocristales plagioclasa (10%) y una matriz microcristalina de cuarzo (40%) y plagioclasa (33%), óxidos (2%), biotita secundaria (10%), epidota (1%), arcillas (2%) y opacos (2%) (Figura 4.11 A-C). Los fenocristales de plagioclasa tienen una forma de cristales tabulares euhedrales a subhedrales de tamaños de 1 a 3 mm. Estos cristales están alterados a arcillas (Figura 4.11 A) y a epidota (Figura 4.11 B). Los cristales de cuarzo y plagioclasa que componen la matriz microcristalina de la muestra tienen formas anhedrales con tamaños menores a 25 μm (Figura 4.11 A y B). Además, se aprecia la presencia de biotita secundaria con formas tabulares subhedrales como posible alteración de minerales máficos (Figura 4.11 C) (ver anexo 1.11).

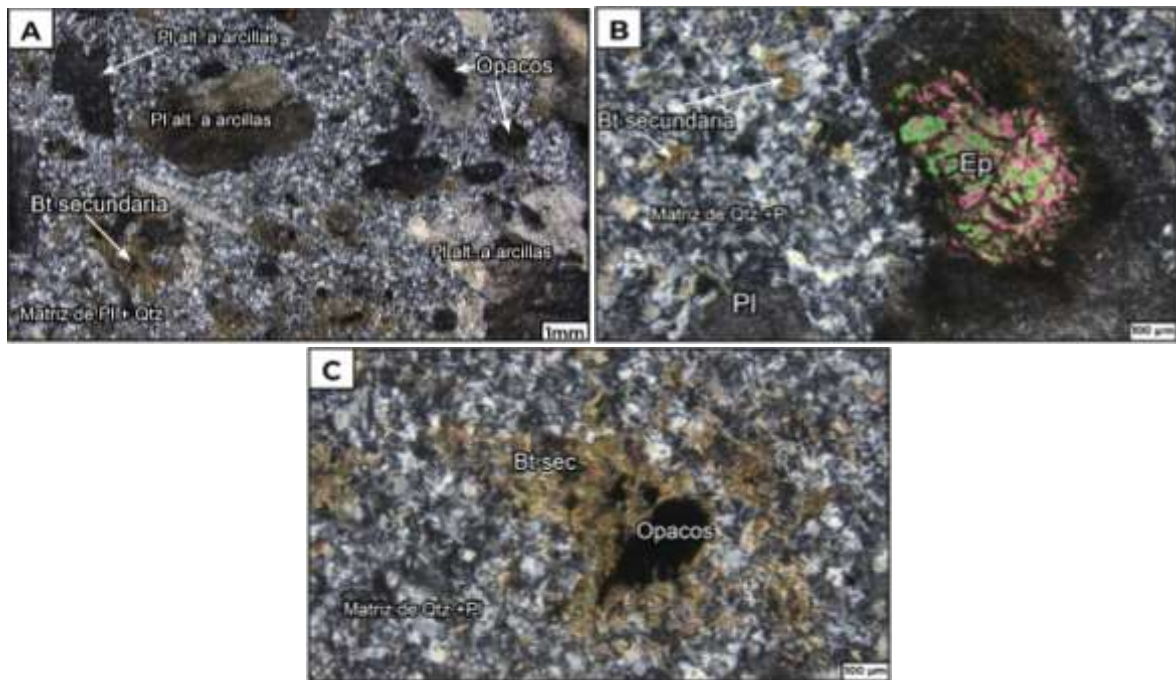


Figura 4.11: Imágenes de lámina delgada con luz polarizada analizada de la muestra LM-08-02.

A) Fenocristales de plagioclasa tabulares euhedrales a subhedrales, alterados a arcillas en una matriz microcristalina de cuarzo y plagioclasa. B) Fenocristal de plagioclasa alterado a epidota en una matriz microcristalina de cuarzo y plagioclasa. C) Biotita secundaria en formas tabulares subhedrales, resultante de la alteración de minerales máficos. Abreviaturas minerales: Qtz: cuarzo, Pl: plagioclasa, Bt sec: biotita secundaria y Ep: epidota.

LM-09: Cuarzodiorita

La muestra LM-09 presenta una textura fanerítica microcristalina y se compone de los siguientes minerales: plagioclasa (40%), cuarzo (10%), hornblenda (1%), óxidos 20% (magnetita), epidota (10%), calcita (9%) y clorita (15%) (Figura 4.12 A). Los cristales presentan tamaños menores a los 0.3 mm. Las plagioclasas se presentan como cristales tabulares subhedrales a anhedrales y se están alterando a calcita (Figura 4.12 B). La epidota y clorita se presenta como cristales anhedrales como alteración de minerales máficos (Figura 4.12 C). Los cristales de hornblenda se presentan como cristales anhedrales (Figura 4.12 D). Los óxidos presentes tienen formas anhedrales a subhedrales cúbicas de tamaños menores a las 100 μm (ver anexo 1.12).

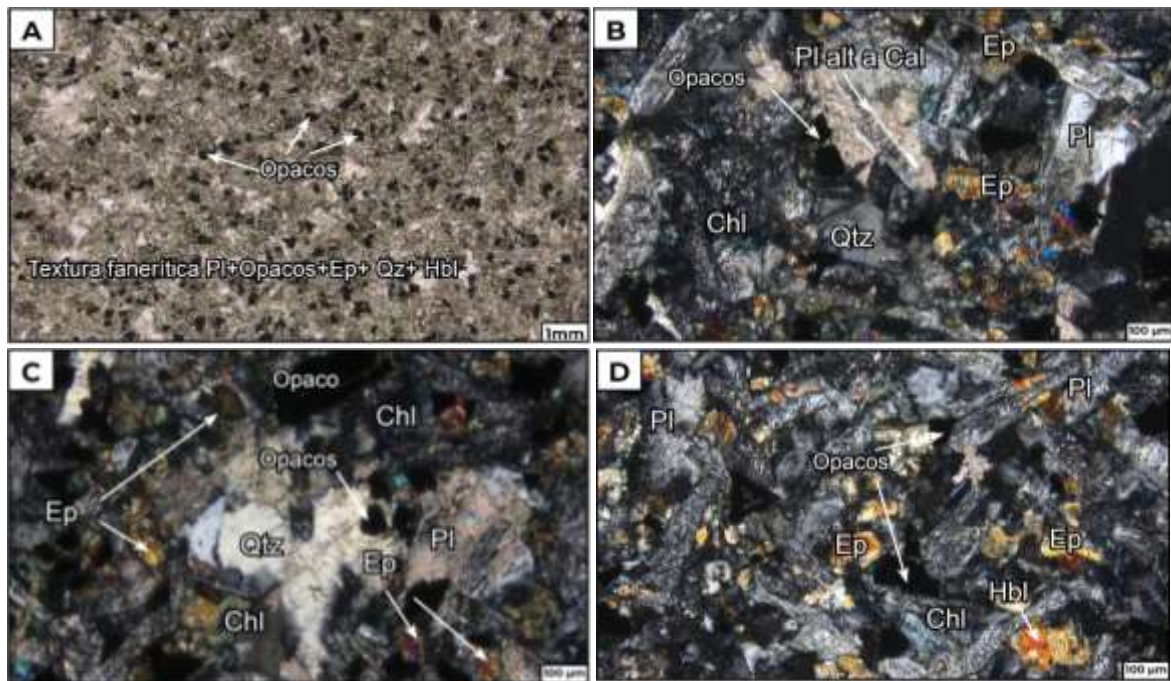


Figura 4.12: Imágenes de lámina delgada con luz polarizada plana (A) y luz polarizada analizada (B, C y D) de la muestra LM-09. A) Textura fanerítica microcristalina de la roca. B) Cristales tabulares de plagioclasa subhedrales a anhedrales, alterándose a calcita. C) Cristales anhedrales de cuarzo, clorita, epidota y opacos asociados a magnetita. D) Cristales de hornblenda presentes en la muestra. Abreviaturas minerales: Pl: plagioclasa, Cuarzo: cuarzo, Hbl: hornblenda, Ep: epidota, Chl: clorita y Cal: calcita.

5 INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN

5.1 Clasificación de las muestras de roca en la zona de estudio.

En base al estudio petrográfico de las características mineralógicas y texturales, realizado para las muestras de roca de la zona de estudio ubicado en la concesión minera Rome Gold y sus alrededores, se pudieron clasificar en cuatro grupos principales tobas (líticas y cristalinas), cuarzodioritas, andesitas y skarn.

Tobas

En esta clasificación se pudo definir dos tipos: tobas líticas y tobas cristalinas las cuales se describen a continuación:

Las tobas líticas, representadas por las muestras LM-01 y LM-07, se caracterizan por una textura clástica, presentan un mayor porcentaje de fragmentos líticos de diversas composiciones que incluyen rocas volcanosedimentarias y andesíticas, en menor proporción fenocristales de plagioclasa y cuarzo. La muestra LM-01 presenta vesículas rellenas de cuarzo, prehnita y calcita. Además, presenta tamaños de fragmentos líticos mayores a los 2mm de ancho por lo que se la clasificó como una toba de lapilli lítica.

Las descripciones petrográficas de las tobas (LM-01 y LM-07) tomadas en la vía El Tingo-La Maná coinciden con las descripciones de la Formación Macuchi hechas por Hughes & Pilatasig (2002) y Vallejo (2007) donde detallan tobas líticas con características similares. La presencia de prehnita en la muestra LM-01 es consistente con las descripciones de Lebras et al. (1987) y Vallejo (2007) que mencionan este mineral como producto de metamorfismo de bajo grado en la Formación Macuchi. Por su parte, Hughes & Pilatasig (2002) detallan la presencia de plagioclasa y clinopiroxenos en las tobas líticas, similar a los fenocristales observados en la muestra LM-01.

Las tobas cristalinas (LM-02-01, LM-02-02, LM-03, LM-06) se caracterizan por tener una mayor proporción de cristales como cuarzo, actinolita, plagioclasa y una alta silicificación identificada por la presencia de cuarzo tanto en la matriz como en las vetillas. Lo observado en este estudio concuerda con los estudios de Henderson (1979) que menciona tobas silicificadas descritas como tobas ácidas recrystalizadas y sedimentos silíceos de grano fino.

Además, en las tobas cristalinas se identifican minerales de alteración como clorita, epidota y arcillas y reemplazamientos de calcita evidenciados principalmente en la muestra LM-06. Vallejo (2007) describe que las tobas de la Formación Macuchi tienen una fuerte alteración hidrotermal concordando con lo detallado en la sección de resultados.

Cuarzodioritas

Las cuarzodioritas, ejemplificadas por LM-05-01, LM-05-02 y LM-09, poseen una textura fanerítica con cristales de plagioclasa y cuarzo. Estas rocas presentan alteraciones de las plagioclasas en arcillas y reemplazamientos de calcita. Se observa la presencia de clorita reemplazando los anfíboles, visto en la muestra LM-05-02, mientras que en la muestra LM-05-01 se observa que todos los anfíboles fueron reemplazados por clorita. La muestra LM-09 tiene una textura microcristalina y contiene una alta proporción de magnetita en comparación con las otras muestras.

Las cuarzodioritas (LM-05-01 y LM-05-02) fueron tomadas en el interior de la mina Rome Gold y corresponden a cuerpos en formas de sills y diques asociados a stocks de edades del Oligoceno Inferior a Mioceno (Rivadeneira, 2001). Por su parte, la muestra LM-09 fue tomada en la vía El Tingo- La Maná y presenta características petrográficas similares a los intrusivos tomados en el interior de la mina.

Andesitas

Las andesitas ejemplificadas por las muestras LM-08-01 y LM-08-02 presentan una textura porfírica, contienen fenocristales de plagioclasa y una matriz microcristalina de cuarzo y en menor medida plagioclasa. Los fenocristales de plagioclasa están alterados a arcillas y epidota. Varios autores (Hughes & Pilatasig, 2002; Kerr et al., 2002; Lebras et al., 1987; Vallejo, 2007) reportan andesitas porfídicas y cuarcíferas en la Formación Macuchi consistente con las características reportadas en este estudio.

Skarn

La muestra de skarn (LM-04) tomada en la concesión Rome Gold presenta cristales de epidota, cuarzo, granate, calcita, wollastonita y clorita. La roca está asociada a los niveles de calizas reportados en la Formación Macuchi por Hughes & Pilatasig (2002) y Lebras et al. (1987).

El skarn encontrado en esta zona es el resultado de eventos metamórficos regionales relacionados con la intrusión de los cuerpos cuarzodioríticos que cortan las secuencias de la Formación Macuchi (Rivadeneira, 2001).

5.2 Comparación con las rocas caja de otros depósitos VMS en la Formación Macuchi

Los depósitos de sulfuros masivos volcanogénicos (VMS) en la Cordillera Occidental del Ecuador están asociados a la Formación Macuchi, los más conocidos son El Domo, La Plata y Macuchi.

El depósito La Plata está compuesto predominantemente por rocas volcánicas y volcanosedimentarias que varían desde basaltos hasta andesitas basálticas, brechas autoclásticas ricas en hematita y diques de dolerita (Chiaradia et al., 2008). El depósito El Domo está compuesto por riocitas y basaltos intercalados con rocas volcanoclásticas polimícticas; estas rocas muestran metamorfismo de bajo grado y contienen brechas polimícticas con fragmentos de andesita, basalto y jaspe rojo (Vallejo et al., 2016). El depósito mineral de Macuchi, situado a 70 km al suroeste de La Plata, se encuentra en la base de la Formación Macuchi, y está conformado por una secuencia de rocas volcánicas y volcanoclásticas basálticas a andesíticas, tobas félsicas, andesitas porfídicas y dacitas (Chiaradia & Fontboté, 2000).

Las descripciones de las tobas cristalinas y las tobas líticas con fragmentos volcanoclásticos y andesíticos, pertenecientes a la concesión Rome Gold descritas en el apartado de resultados, muestran similitudes con las encontradas en los depósitos de VMS La Plata, Macuchi y El Domo. Sin embargo, en la concesión Rome Gold no se reportan la existencia de diques doleríticos, dacitas, brechas ricas en hematita, riocitas y jaspes rojos.

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1 Conclusiones

- El presente trabajo de integración curricular ha permitido una caracterización petrográfica detallada en la concesión Rome Gold y sus alrededores. Este análisis, basado en la descripción de muestras de rocas y láminas delgadas confirma la presencia de diversos tipos de rocas que incluyen tobas (líticas y cristalinas), andesitas, cuarzodioritas y skarns. Los dos primeros tipos de rocas asociadas a la Formación Macuchi.
- Las tobas líticas distinguieron por su textura clástica y un mayor porcentaje de fragmentos líticos de diversas composiciones, mientras que las tobas cristalinas tienen una mayor proporción de cristales y una alta silicificación. Las cuarzodioritas presentan una textura fanerítica con cristales de plagioclasa y cuarzo, y muestran alteraciones significativas, como la transformación de anfíboles en clorita. Las andesitas se caracterizan por una textura porfirítica y fenocristales alterados a arcillas y epidota. Finalmente, el skarn de la concesión Rome Gold contiene una variedad de minerales, incluyendo epidota, cuarzo, granate y wollastonita.
- Las litologías descritas en este estudio coinciden con las observadas en las rocas encajante de otros depósitos minerales tipo VMS como La Plata, El Domo y Macuchi.
- El skarn se formó como posible resultado de la intrusión de cuerpos intrusivos (cuarzodioritas) que afectaron a los niveles de calizas reportados en la Formación Macuchi.

6.2 Recomendaciones

- Realizar estudios petrográficos en otras áreas de la concesión minera Rome Gold para obtener una visión más completa y detallada de las variaciones litológicas y mineralógicas en la región. Esto permitirá comprender de una mejor manera la clasificación de las litologías en la zona de estudio.
- Complementar con análisis geoquímicos y dataciones de las muestras recolectadas que podrían proporcionar información sobre la composición química de las rocas, ambiente y edad de formación.

- Caracterizar la mineralización de emplazamiento de los depósitos VMS-Skarn en espacio y tiempo en la Formación Macuchi.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Boland, M., Pilatasig, L., Mc Court, W., Aspden, J., Hughes, R., & Beate, B. (2000).

Geología de la Cordillera Occidental del Ecuador entre 0°00' y 1°00' (10).

Bourgois, J., Egüez, A., Butterlin, J., & Wever, P. (1990). Evolution géodynamique de la

Cordillère Occidentale des Andes d'Equateur: La découverte de la Formation éocène d'Apagua. *Comptes Rendus Geosciences*, 311, 173-180.

Egüez, A., Gaona, M., & Albán, A. (2017). *Mapa Geológico de la República del Ecuador* [Map].

Feininger, T., & Bristow, R. (1980). *Cretaceous and Paleogene Geologic History of Coastal Ecuador.*

Galley, A. G., Hannington, M. D., & Jonasson, I. R. (2007). *VOLCANOGENIC MASSIVE SULPHIDE DEPOSITS.*

Grundmann, G., & Scholz, H. (2015). *The preparation of thin sections, polished sections, acetate foil prints, preparation for elutriation analysis and staining tests for the optical electron microscopy.*

Henderson, W. G. (1979). Cretaceous to Eocene volcanic arc activity in the Andes of northern Ecuador. *Journal of the Geological Society*, 136(3), 367-378.

<https://doi.org/10.1144/gsjgs.136.3.0367>

Hughes, R. A., & Pilatasig, L. F. (2002a). Cretaceous and Tertiary terrane accretion in the Cordillera Occidental of the Andes of Ecuador. *Tectonophysics*, 345(1-4), 29-48.

[https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(01\)00205-0](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(01)00205-0)

Hughes, R. A., & Pilatasig, L. F. (2002b). Cretaceous and Tertiary terrane accretion in the Cordillera Occidental of the Andes of Ecuador. *Tectonophysics*, 345(1-4), 29-48.

[https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(01\)00205-0](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(01)00205-0)

Kerr, A. C., Aspden, J. A., Tarney, J., & Pilatasig, L. F. (2002). The nature and

provenance of accreted oceanic terranes in western Ecuador: Geochemical and

- tectonic constraints. *Journal of the Geological Society*, 159(5), 577-594.
<https://doi.org/10.1144/0016-764901-151>
- Le Maitre, R. W. (2002). *Igneous rocks: A classification and glossary of terms : recommendations of the International Union of Geological Sciences, Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks (2nd ed)*. Cambridge University Press.
- Lebras, M., Megard, F., Dupuy, C., & Dostal, J. (1987). *Geochemistry and tectonic setting of pre-collision Cretaceous and Paleogene volcanic rocks of Ecuador*.
- Manville, V., Németh, K., & Kano, K. (2009). Source to sink: A review of three decades of progress in the understanding of volcanoclastic processes, deposits, and hazards. *Sedimentary Geology*, 220(3-4), 136-161.
<https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2009.04.022>
- Mc Court, W., Duque, P., & Pilatasig, L. (1997). *Geología de la Cordillera Occidental del Ecuador entre 1°00' y 2°00' (3)*.
- Rivadeneira, X. (2001). *Geología y Metalogénia del prospecto Minero «Ximena». La Maná, provincia de Cotopaxi*.
- Schulz, K. J. (2012). *Volcanogenic Massive Sulfide Occurrence Model: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2010–5070 –C*.
- Shanks, W. C. P., & Thurston, R. (2012). *Volcanogenic massive sulfide occurrence model: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2010-5070–C*.
- UCP PRODEMİNCA. (2000). *Manual de exploración de depósitos metalíferos en el Ecuador (1ra ed.)*.
- Vallejo, C. (2007). *Evolution of the Western Cordillera in the Andes of Ecuador (Late Cretaceous-Paleogene)*. SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZÜRICH.
- Vallejo, C., Spikings, R. A., Horton, B. K., Luzieux, L., Romero, C., Winkler, W., & Thomsen, T. B. (2019). Late cretaceous to miocene stratigraphy and provenance

of the coastal forearc and Western Cordillera of Ecuador: Evidence for accretion of a single oceanic plateau fragment. En *Andean Tectonics* (pp. 209-236). Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816009-1.00010-1>

Vallejo, C., Winkler, W., Spikings, R. A., Luzieux, L., Heller, F., & Bussy, F. (2009). Mode and timing of terrane accretion in the forearc of the Andes in Ecuador. En S. M. Kay, V. A. Ramos, & W. R. Dickinson, *Backbone of the Americas: Shallow Subduction, Plateau Uplift, and Ridge and Terrane Collision*. Geological Society of America. [https://doi.org/10.1130/2009.1204\(09\)](https://doi.org/10.1130/2009.1204(09))

Wells, N. A. (1965). *Making Thin Sections*. Department of Geology, Kent State University.

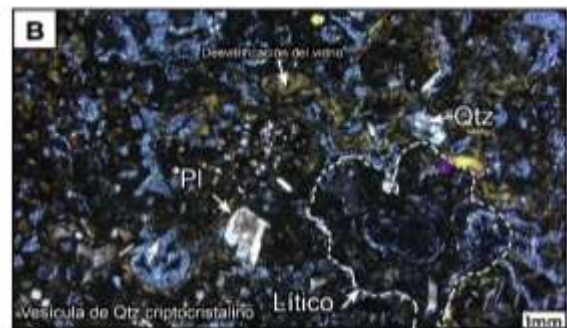
White, J. D. L., & Houghton, B. F. (2006). Primary volcanoclastic rocks. *Geology*, 34(8), 677-680. <https://doi.org/10.1130/G22346.1>

Winter, J. D. (2014). *Principles of igneous and metamorphic petrology* (2. ed., Pearson new internat. ed). Pearson Education.

8 ANEXOS

Anexo 1.1: Fichas de descripción microscópica y macroscópica de la muestra LM-01

LM-01		%
Fragmentos líticos	Fragmentos de rocas volcanosedimentarias y andesíticas con vesículas rellenas de cuarzo microcristalino, criptocristalino, prehnita y calcita.	
Fragmentos de cristales	Plagioclasa	Cristales tabulares euhedrales a subhedrales, con colores de birrefringencia bajos, de grises a blancos, y maclas simples o polisintéticas
	Clinopiroxenos	Pleocroísmo bajo que varía de incoloro a verde en LPP, tienen un relieve alto y se presentan como cristales subhedrales y anhedrales
	Orto-piroxenos	un pleocroísmo que varía de incoloro a verde en LPP, con un relieve alto y cristales subhedrales y anhedrales; en LPA, tienen una birrefringencia baja con colores de interferencia grises a amarillos de primer orden
Matriz	Vítrea	50
Alteraciones	Desvitrificación	
Textura	Clástica	
Estructura	No presenta	
Nombre de la roca	Toba de lapilli lítica	



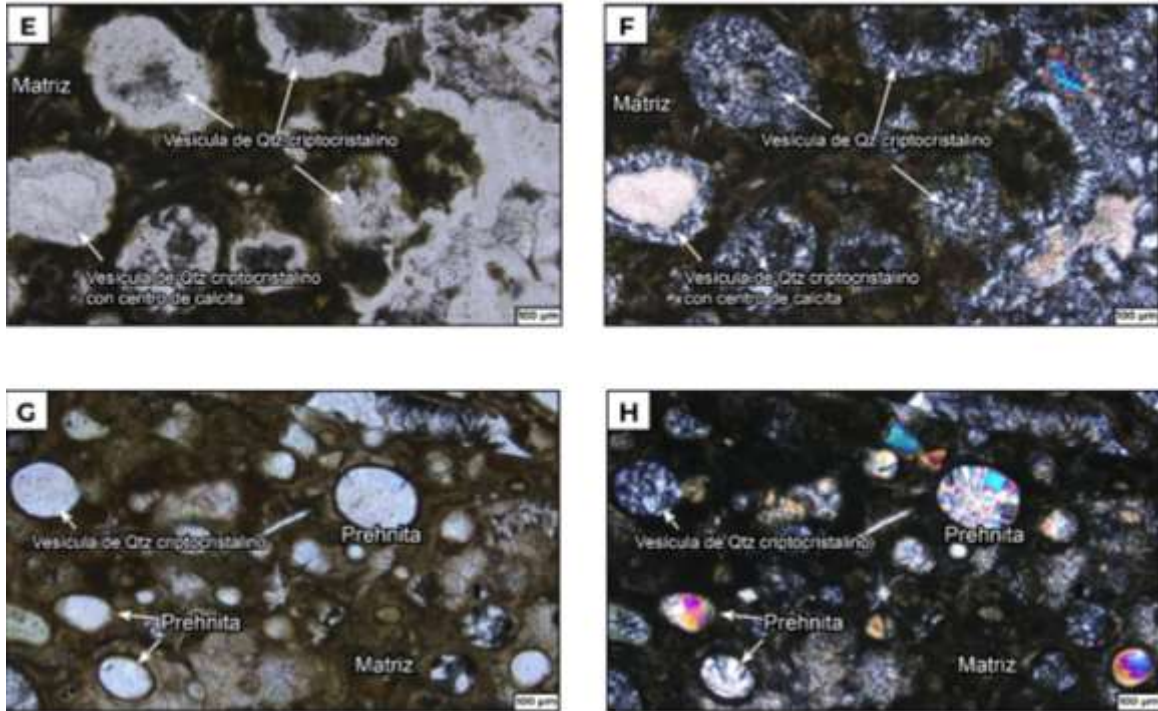
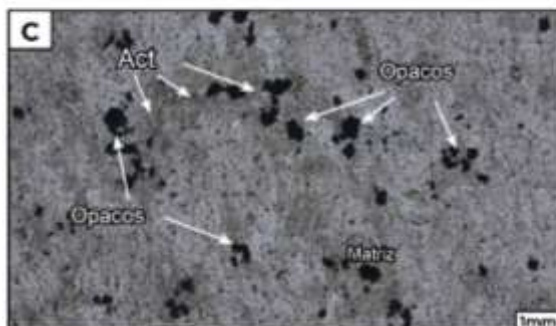
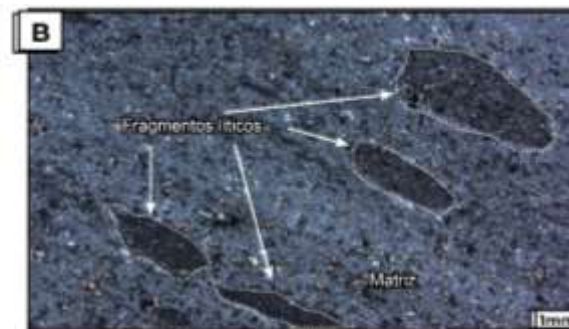


Figura 8.1: Imágenes de lámina delgada de la muestra LM-01 en luz polarizada plana (A, C, E, G) y luz polarizada analizada (B, D, F, H). Abreviaturas minerales: Pl: plagioclasa, Qtz: cuarzo.

CÓDIGO LM-01	Toba de lapilli lítica	
Color	Gris verdoso	
Textura	Clástica	
Estructura	Masiva	
Magnetismo	No presenta	
Carbonatos	2% calcita	
Vetillas	No presenta	
Sulfuros	No presenta	
Matriz	Vítrea	
Observaciones	Presenta fragmentos de roca gris oscuro de tamaños de hasta 40 mm de composición andesítica (30%). Se observa vesículas rellenas de cuarzo y calcita en los fragmentos. Existen fenocristales de plagioclasa (7%). La matriz es vítrea (62%). Se observa la presencia de minerales máficos (1%). Tanto la matriz como los líticos y los fenocristales están altamente alterados.	

Anexo 1.2: Fichas de descripción microscópica y macroscópica de la muestra LM-02-01

LM-01		%	
Fragmentos líticos	Fragmentos volcanoclasticos	5	
Fragmentos de cristales	Cuarzo	En luz polarizada plana (LPP), los cristales de cuarzo son incoloros, no muestran pleocroísmo, tienen un relieve bajo y se presentan como cristales anhedrales. En luz polarizada analizada (LPA), exhiben una birrefringencia baja con colores de interferencia que van de grises a blancos de primer orden. Estos cristales de cuarzo se encuentran principalmente en vetillas y como fenocristales dentro de la roca	2
	Actinolita	Muestran en LPP un pleocroísmo que varía de verde a verde claro o marrón, con un relieve medio y cristales anhedrales. En LPA, estos anfíboles presentan una birrefringencia de segundo a tercer orden con colores que varían de amarillos a marrones	3
Matriz	Microcristalina silicificada	85	
Alteraciones	No presenta		
óxidos/ opacos	Pirita, debido a sus formas cubicas	5	
Textura	Clástica		
Estructura	No presenta		
Nombre de la roca	Toba cristalina		



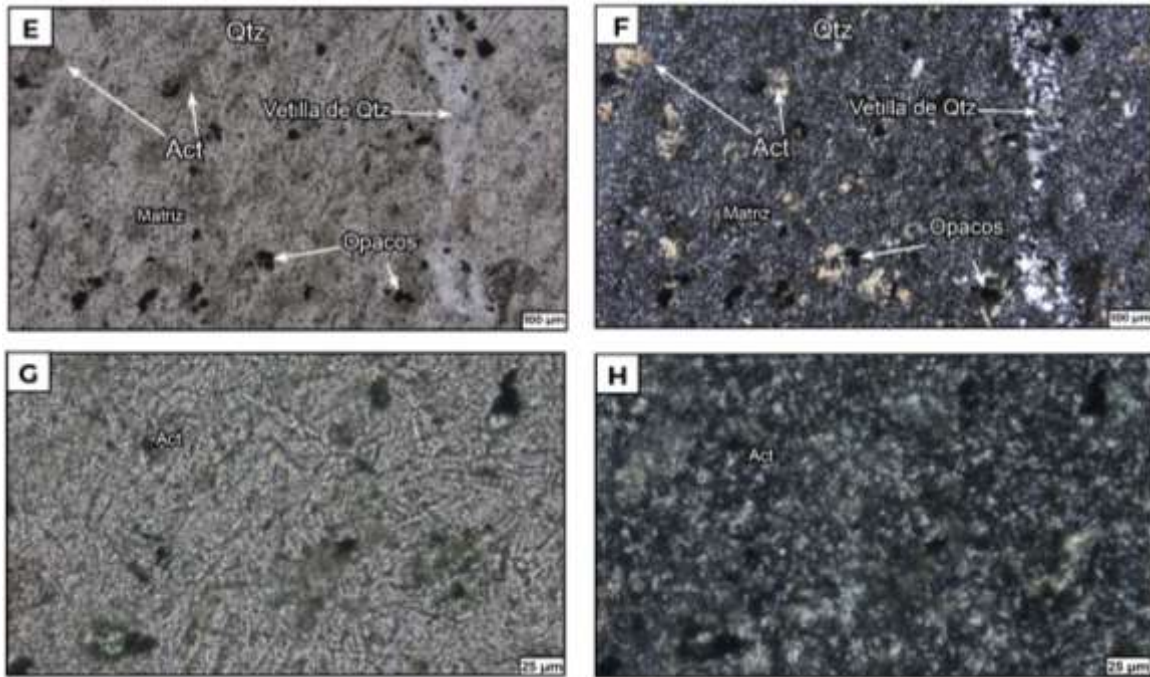


Figura 8.2: Imágenes de lámina delgada de la muestra LM-01 en luz polarizada plana (A, C, E, G) y luz polarizada analizada (B, D, F, H). Abreviaturas minerales: Act: actinolita, Qtz: cuarzo.

CÓDIGO LM-02-01	Toba cristalina	
Color	Gris oscuro	
Textura	Clástica	
Estructura	De flujo	
Magnetismo	Moderado	
Carbonatos	No presenta	
Vetillas	Pirita	
Sulfuros	Pirita en vetillas	
Matriz	Microcristalina en muestra de mano 95%	
Observaciones	Fragmentos líticos indistinguibles (5%) redondeados con tamaños menores a los 2 mm.	

Anexo 1.3: Fichas de descripción microscópica y macroscópica de la muestra LM-02-02

LM-02-02		%	
Fragmentos líticos	Fragmentos volcanoclásticos	5	
Fragmentos de cristales	Cuarzo	En luz polarizada plana (LPP), los cristales de cuarzo son incoloros, no muestran pleocroísmo, tienen un relieve bajo y se presentan como cristales anhedrales. En luz polarizada analizada (LPA), exhiben una birrefringencia baja con colores de interferencia que van de grises a blancos de primer orden. Estos cristales de cuarzo se encuentran principalmente en vetillas y como fenocristales dentro de la roca	1
	Plagioclasa	Muestran en LPP un pleocroísmo que varía de verde a verde claro o marrón, con un relieve medio y cristales anhedrales. En LPA, estos anfíboles presentan una birrefringencia de segundo a tercer orden con colores que varían de amarillos a marrones	1
	Actinolita	La actinolita, en LPP, presenta un pleocroísmo que va de verde a verde claro o marrón, con un relieve medio y cristales anhedrales. En LPA, muestra una birrefringencia de segundo a tercer orden con colores que varían de amarillos a marrones	1
Matriz	Microcristalina silicificada	85	
Alteraciones	Arcillas los líticos, clorita los máficos		
óxidos/ opacos	Pirita, debido a sus formas cubicas	7	
Textura	Clástica		
Estructura	No presenta		
Nombre de la roca	Toba cristalina		



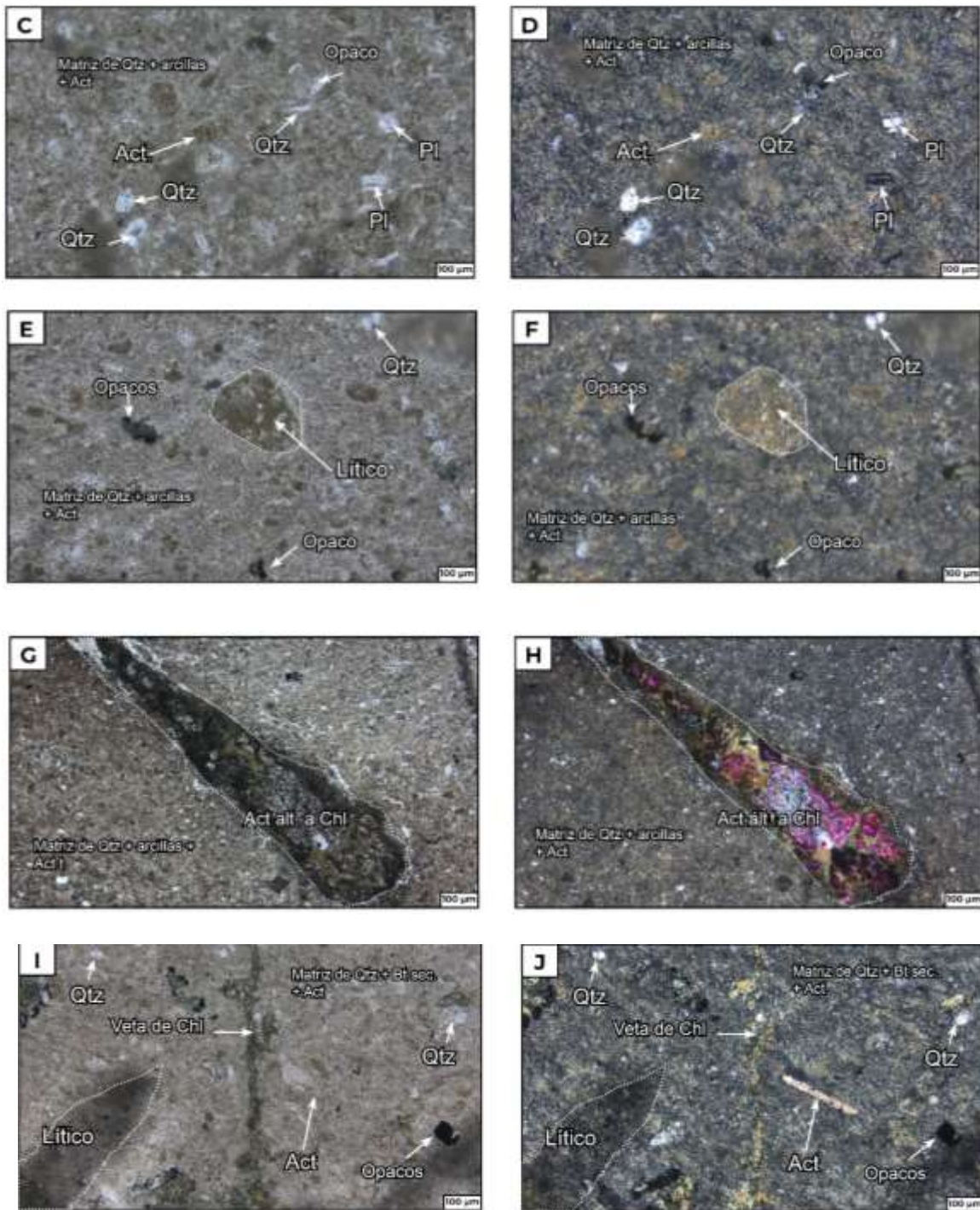

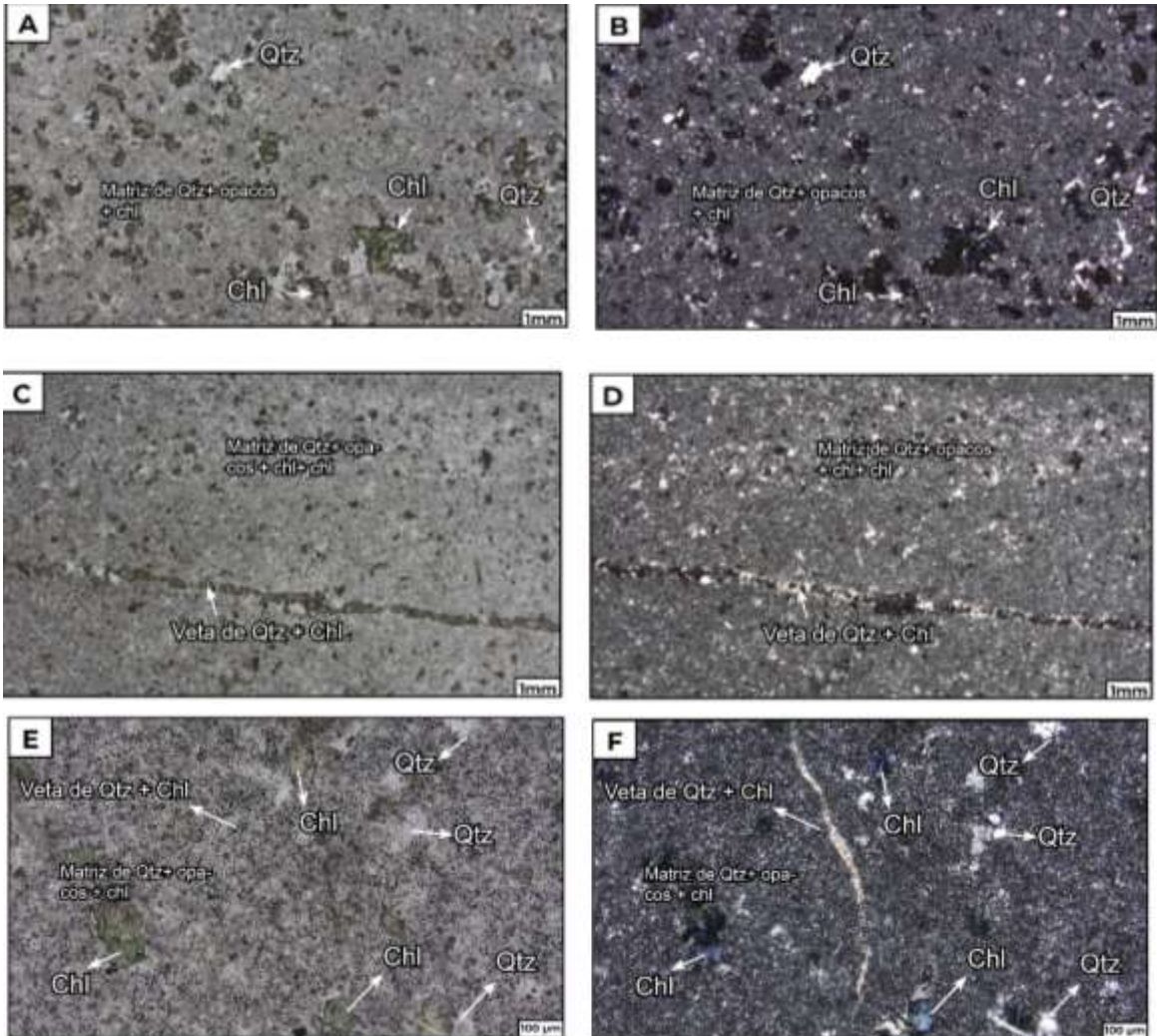


Figura 8.3: Imágenes de lámina delgada de la muestra LM-01 en luz polarizada plana (A, C, E, G, I) y luz polarizada analizada (B, D, F, H, J). Abreviaturas minerales: Act: actinolita, Qtz: cuarzo, Pl: plagioclase, Chl: clorita

CÓDIGO LM-02-02	Toba cristalina	
Color	Gris con café oscuro	
Textura	Clástica	
Estructura	Bandeamiento intercalación de colores cafés y grises	
Magnetismo	Gris con café oscuro	
Carbonatos	Clástica	
Vetillas	clorita	
Sulfuros	Pirita (2%)	
Matriz	Matriz microcristalina (95%)	
Observaciones	Se observan fragmentos de rocas alterados a arcillas (2%), minerales máficos (1%)	

Anexo 1.4: Fichas de descripción microscópica y macroscópica de la muestra LM-03

LM-03			%
Fragmentos de cristales	Cuarzo	En luz polarizada plana (LPP), los cristales de cuarzo son incoloros, no muestran pleocroísmo, tienen un relieve bajo y se presentan como cristales anhedrales. En luz polarizada analizada (LPA), exhiben una birrefringencia baja con colores de interferencia que van de grises a blancos de primer orden. Estos cristales de cuarzo se encuentran principalmente en vetillas y como fenocristales dentro de la roca	2
Matriz	Microcristalina silicificada		60
Alteraciones	Clorita de máficos		25
óxidos/ opacos	Pirita, debido a sus formas cubicas		13
Textura	Clástica		
Estructura	No presenta		
Nombre de la roca	Toba cristalina		



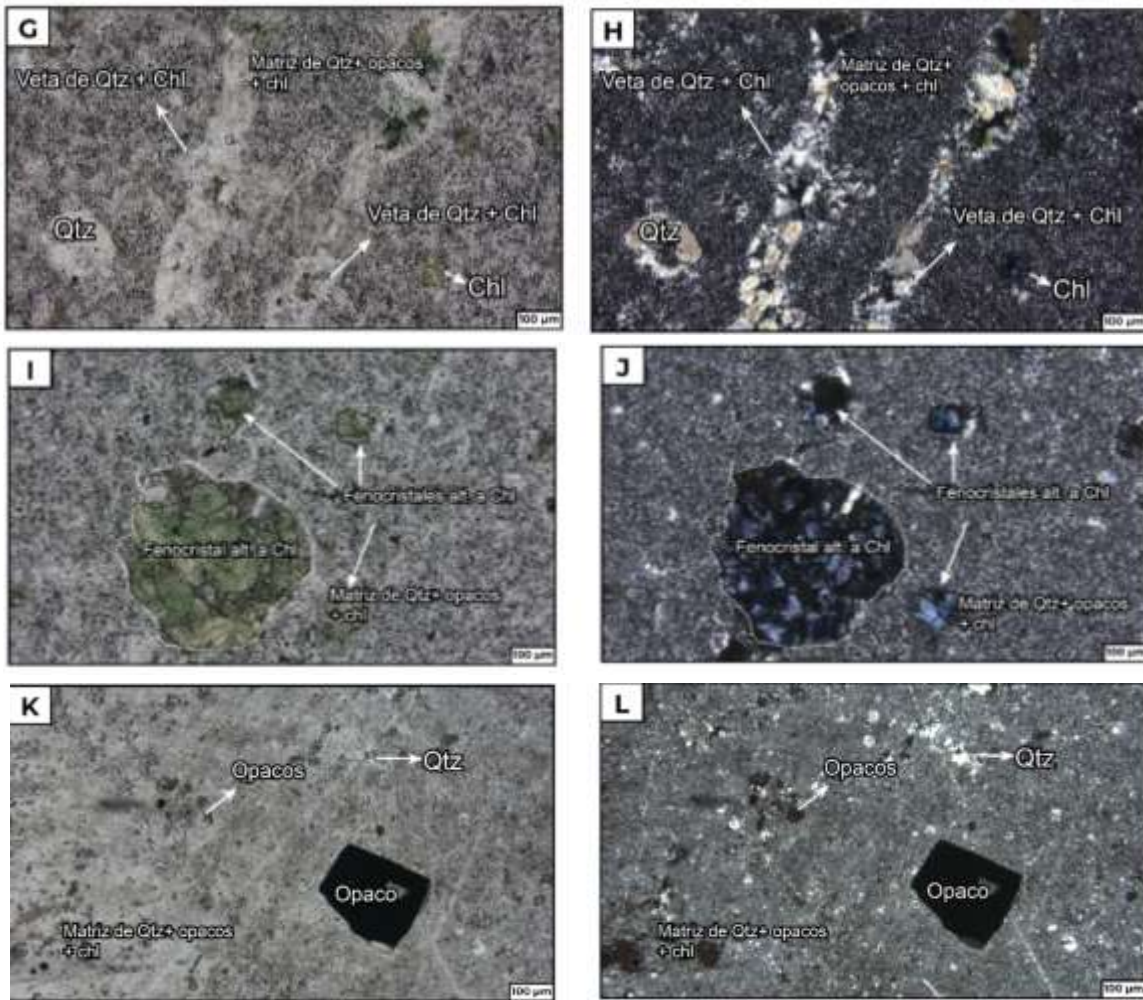


Figura 8.4: Imágenes de lámina delgada de la muestra LM-01 en luz polarizada plana (A, C, E, G, I, K) y luz polarizada analizada (B, D, F, H, J, L). Abreviaturas minerales: Act: actinolita, Qtz: cuarzo, Pl: plagioclasa, Chl: clorita

CÓDIGO LM-03	Toba cristalina	
Mina Rome Gold SA		
Color	Gris claro	
Textura	No aplica, la muestra esta silicificada	
Estructura	Presenta intercalación entre tobas silicificadas y sulfuros	
Magnetismo	No presenta	
Carbonatos	Si presenta, calcita y malaquita (1%)	
Vetillas	Clortia y pirita	
Sulfuros	Pirita en capas, en vetillas y diseminada en las tobas (2%).	
Matriz	No aplica	
Observaciones	Roca con intercalaciones de pirita con la toba de 0,5 cm hasta 4,5 cm de ancho. En la toba no se puede apreciar ningún mineral distinguible.	

Anexo 1.5: Fichas de descripción microscópica y macroscópica de la muestra LM-04

LM-04		%	
Cristales	Epidota (Ep)	<ul style="list-style-type: none"> • En LPP se presenta incolora a amarillento, sin pleocroísmo y con un relieve alto. Su forma es anhedral. • En LPA tiene birrefringencia alta de tercer orden con colores de interferencia que varían de amarillos a rosados. 	35
	Cuarzo (Qtz)	<ul style="list-style-type: none"> • En LPP, los minerales son incoloros, no muestran pleocroísmo, tienen un relieve bajo y se presentan como cristales anhedrales. • En LPA, exhiben una birrefringencia baja con colores de interferencia grises a blancos de primer orden. 	20
	Granate (Grt)	<ul style="list-style-type: none"> • En LPP son cristales incoloros, no presentan pleocroísmo. Tienen alto relieve con formas anhedrales. • En LPA son isotrópicos. 	18
	Calcita (Cal)	<ul style="list-style-type: none"> • En LPP, los minerales son incoloros, no muestran pleocroísmo, tienen un relieve medio a alto y se presentan en forma de agregados granulares. • En LPA, exhiben una birrefringencia muy alta de tercer orden con colores perlados. 	12
	Wollastonita (Wo)	<ul style="list-style-type: none"> • En LPP son incoloros con hábitos fibrosos o aciculares, tienen un relieve medio a alto. • En LPA presentan colores de interferencia de primer y segundo orden amarillos o azules. Tiene extinción paralela. 	10
	Clorita (Chl)	<ul style="list-style-type: none"> • En LPP, La clorita, tiene verde con un pleocroísmo débil en tonos verdes. Tiene un relieve que va de bajo a medio y se presentan cristales anhedrales. • En LPA, los colores de interferencia son anómalos, variando entre azules y café, con una birrefringencia baja. 	5
Óxidos/Opacos	Se observa la presencia de óxidos.	<1	
Alteraciones	No presenta		
Observaciones	No presenta		
Textura	Granoblástica		
Estructura	No presenta		
Nombre de la roca	Skarn		

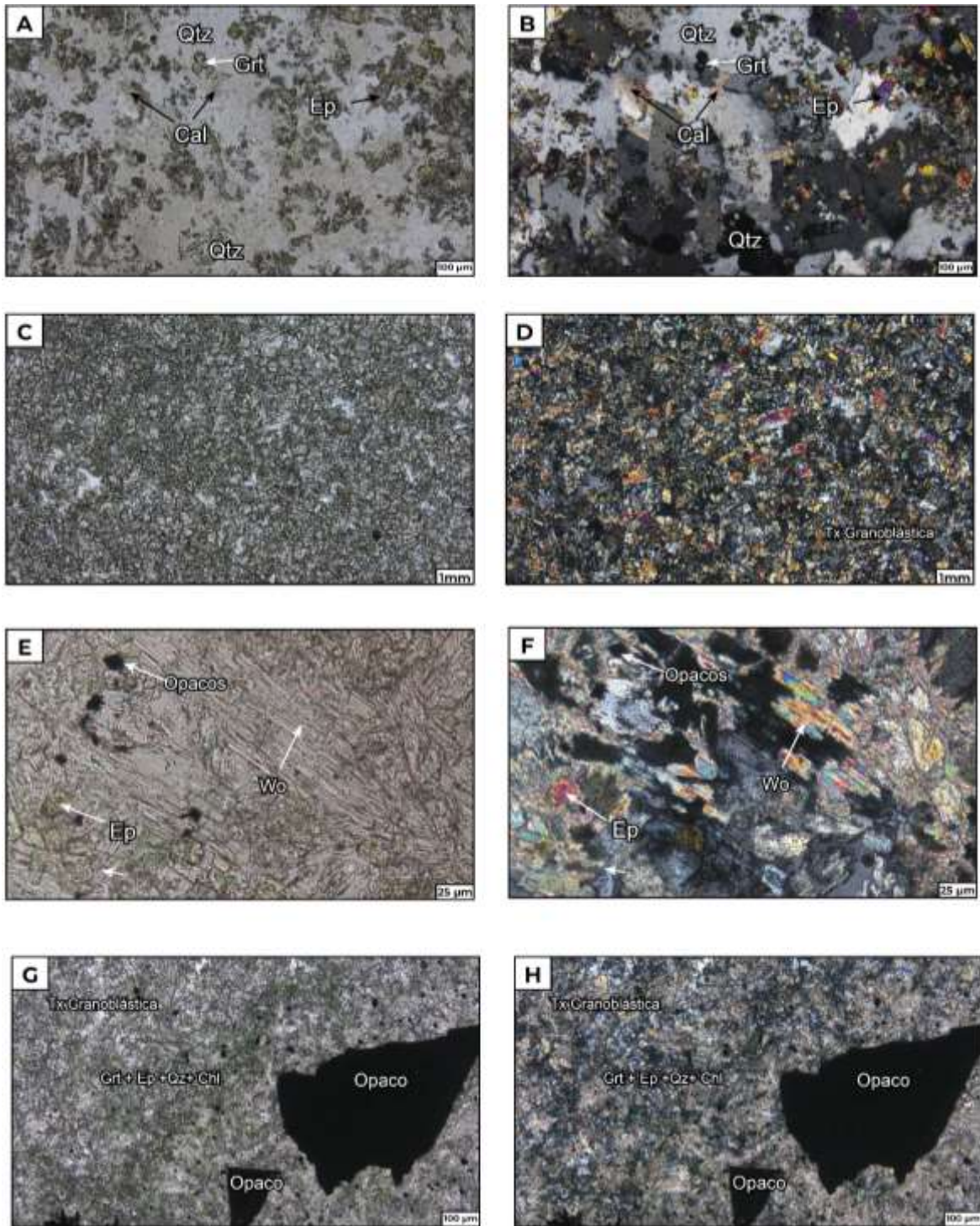

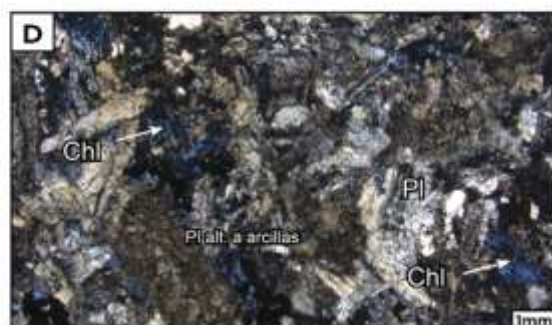
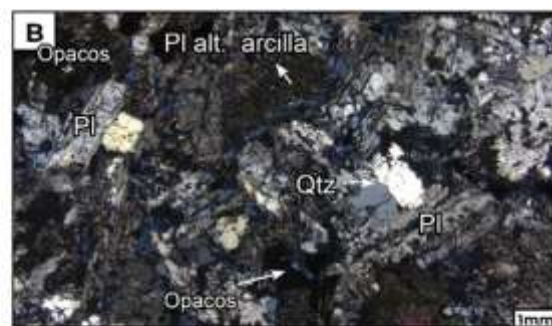


Fig 8.5: Imágenes de lámina delgada de la muestra LM-04 en luz polarizada plana (A, C, E, G) y luz polarizada analizada (B, D, F, H, J, L). Abreviaturas minerales: Qtz: cuarzo, Grt: granate, Cal: calcita, Ep: epidota, Wo: wollastonita

CÓDIGO LM-04 Mina Rome Gold SA	Skarn	
Color	Verde amarillento a gris	
Textura	Granoblástica	
Estructura	No presenta	
Magnetismo	Débil	
Carbonatos	15% calcita	
Vetillas	No presenta	
Sulfuros	Traza menor a 1%	
Matriz	No aplica	
Observaciones	Epidota (45%), cuarzo (30%) , clorita (9%) , granate(%), Magnetita (<1%)	

Anexo 1.6: Fichas de descripción microscópica y macroscópica de la muestra LM-05-01

LM-05-01			(%)
Cristales	Plagioclasa	LPP: Incoloras, sin pleocroísmo, relieve bajo, cristales tabulares euhedrales a subhedrales. LPA: Birrefringencia baja, colores de interferencia grises a blancos de primer orden, maclas simples, polisintéticas. Alteración: Arcillas y carbonato.	40
	Cuarzo	LPP: Incoloros, sin pleocroísmo, relieve bajo, cristales anhedrales. LPA: Birrefringencia baja, colores de interferencia grises a blancos de primer orden.	15
Óxidos u Opacos		Presencia de opacos, posiblemente pirita.	2
Alteraciones	Clorita	LPP: Verde con pleocroísmo débil en tonos verdes, relieve de bajo a medio, cristales anhedrales. LPA: Colores de interferencia anómalos azules. Origen: Alteración de posibles máficos.	20
	Calcita (Cal)	LPP: Incoloros, sin pleocroísmo, relieve medio a alto, agregados granulares. LPA: Birrefringencia muy alta de tercer orden, colores perlados. Origen: Alteración de plagioclasas.	18
	Arcillas	Agregados finos de color café en LPP y XLP.	5
Observaciones	No presenta		
Textura	Fanerítica		
Estructura	No presenta		
Nombre de la roca	Cuarzodiorita		



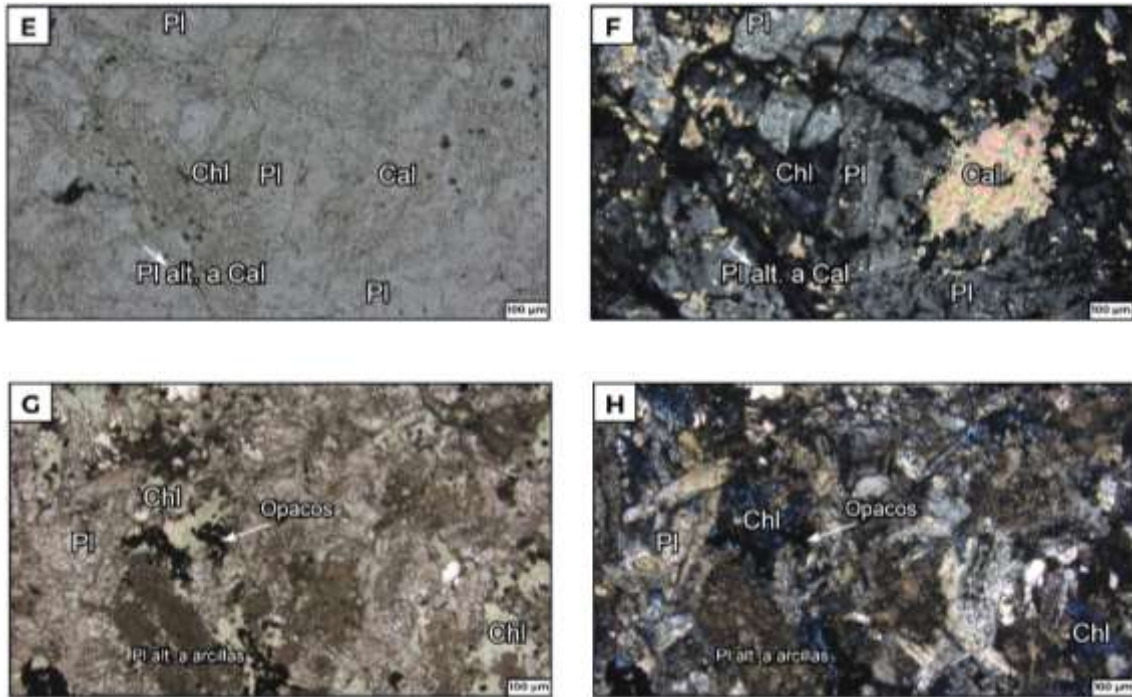
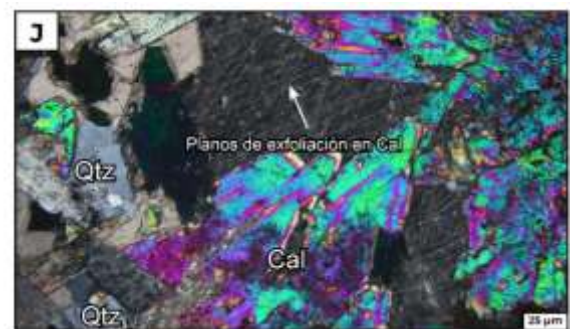
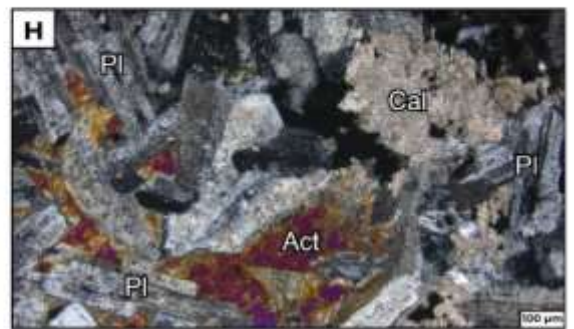
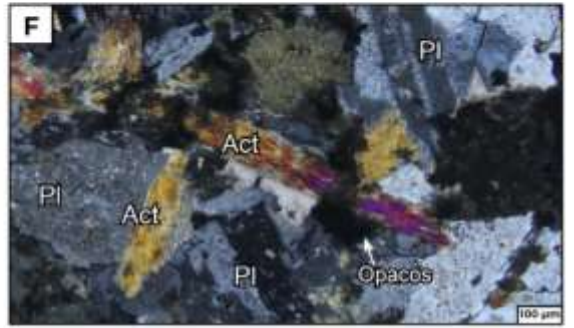
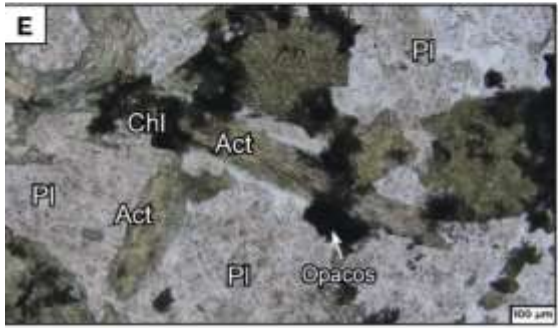
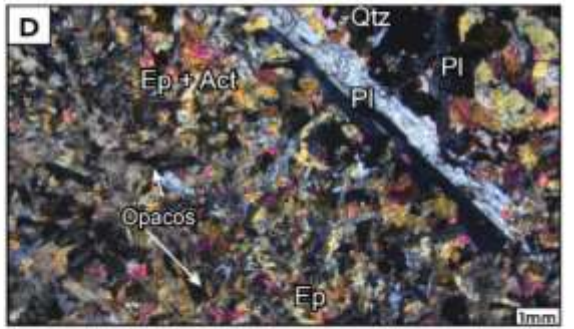
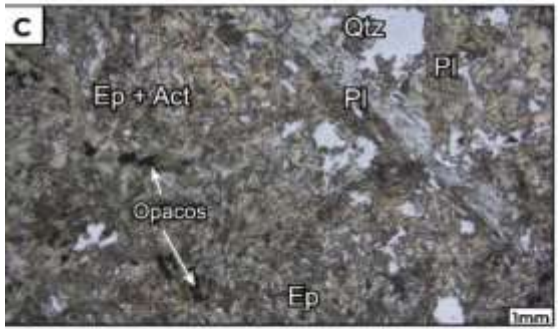
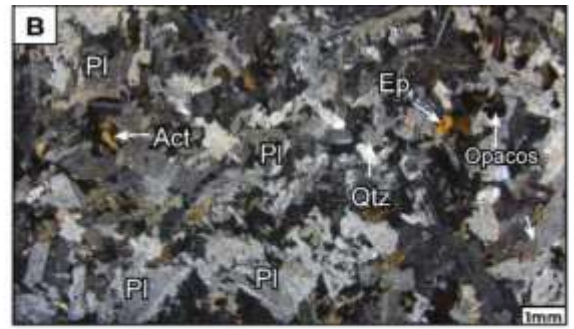
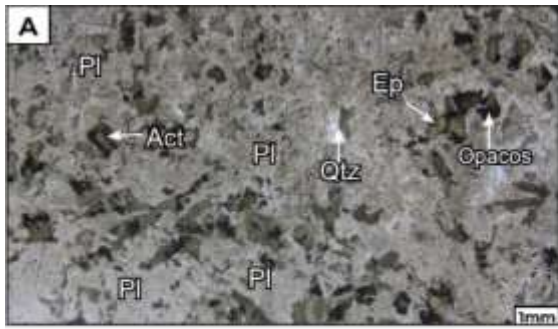


Figura 8.6: Imágenes de lámina delgada de la muestra LM-05-01 en luz polarizada plana (A, C, E, G) y luz polarizada analizada (B, D, F, H). Abreviaturas minerales: Qtz: cuarzo, Pl: plagioclasa, Chl: clorita, Cal: calcita.

CÓDIGO LM-05-01 Mina Rome Gold SA	Cuarzodiorita	
Color	Gris	
Textura	Fanerítica	
Estructura	Masiva	
Magnetismo	No presenta	
Carbonatos	15% como alteración de plagioclasas.	
Vetillas	No presenta	
Sulfuros	Pirita (3%) diseminada	
Matriz	No presenta	
Observaciones	Plagioclasa (45%), Qz(15%), clorita(20%) como alteración de minerales máficos debido a las formas que presentan, epidota(2%) como alteración de la plagioclasa como reemplazamiento.	

Anexo 1.7: Fichas de descripción microscópica y macroscópica de la muestra LM-05-02

LM-05-02			(%)
	Plagioclasa	LPP: Incoloras, sin pleocroísmo, relieve bajo, cristales tabulares euhedrales a subhedrales. LPA: Birrefringencia baja, colores de interferencia grises a blancos de primer orden, maclas simples. Alteración: Arcillas y carbonato.	50
	Anfíbol	LPP: Pleocroísmo de verde a verde claro o marrón, relieve medio, cristales anhedrales a subhedrales. LPA: Birrefringencia de segundo a tercer orden, colores variando de amarillos, violetas a marrones.	15
	Cuarzo	LPP: Incoloros, sin pleocroísmo, relieve bajo, cristales anhedrales. LPA: Birrefringencia baja, colores de interferencia grises a blancos de primer orden.	5
Matriz	No Aplica		
Óxidos u Opacos	Presencia de opacos, posiblemente piritita.		2
	Epidota	LPP: Incolora a amarillento, sin pleocroísmo, relieve alto, cristales anhedrales. LPA: Birrefringencia alta de tercer orden, colores de interferencia amarillos a rosados. Origen: Alteración de minerales máficos, posiblemente anfíboles.	15
	Calcita	LPP: Incoloros, sin pleocroísmo, relieve medio a alto, agregados granulares. LPA: Birrefringencia muy alta de tercer orden, colores perlados. Observaciones: Planos de exfoliación en algunos cristales. Origen: Alteración de plagioclasas.	5
	Clorita	LPP: Verde con pleocroísmo débil en tonos verdes, relieve de bajo a medio, cristales anhedrales. LPA: Colores de interferencia anómalos azules. Origen: Alteración de minerales máficos.	8
Observaciones	No presenta		
Textura	Fanerítica		
Estructura	No presenta		
Nombre de la roca	Cuarzodiorita		



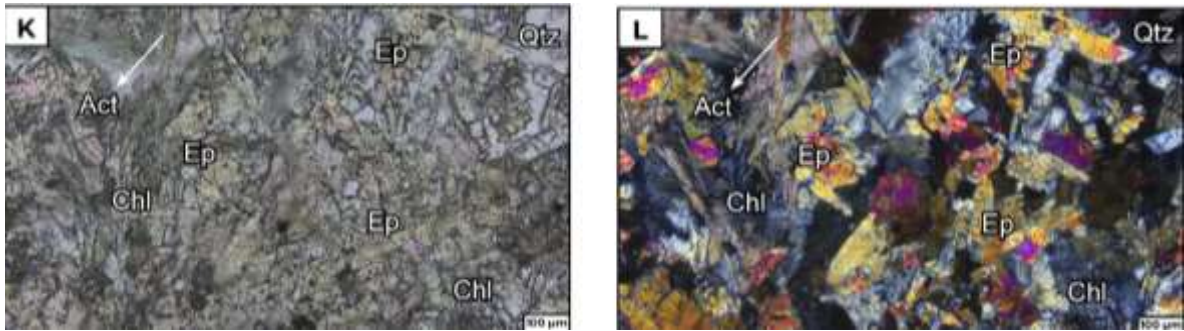
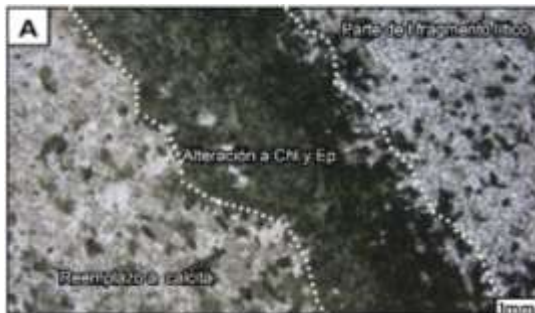


Figura 8.7: Imágenes de lámina delgada de la muestra LM-05-02 en luz polarizada plana (A, C, E, G, I, K) y luz polarizada analizada (B, D, F, H, J, L). Abreviaturas minerales: Qtz: cuarzo, Pl: plagioclasa, Act: actinolita, Chl: clorita, Cal: calcita, Ep: epidota.

CÓDIGO LM-05-02 Mina Rome Gold SA	Cuarzodiorita	
Color	Gris	
Textura	Fanerítica	
Estructura	Masiva	
Magnetismo	No presenta	
Carbonatos	8% Como alteración de las plagioclasas	
Vetillas	No presenta	
Sulfuros	2% piritita	
Matriz	No aplica	
Observaciones	Plagioclasa (68) Anfíboles (25%) cuarzo (5%) Epidota (30% como alteración del total de las plagioclasas), Clorita (10% del total de los anfíboles)	

Anexo 1. 8: Fichas de descripción microscópica y macroscópica de la muestra LM-06

LM-06		%	
Roca fresca	Plagioclasa + cuarzo	15	
Óxidos u Opacos	Presencia de opacos indistinguibles, posiblemente esfalerita, galena o pirita (descritas en muestra de mano).	7	
Alteraciones	Calcita (Cal)	LPP: Incoloros, sin pleocroísmo, relieve medio a alto, agregados granulares. LPA: Birrefringencia muy alta de tercer orden, colores perlados. Origen: Alteración de plagioclasas.	45
	Clorita (Chl)	LPP: Verde con pleocroísmo débil en tonos verdes, relieve de bajo a medio, cristales anhedrales. LPA: Colores de interferencia anómalos, variando entre azules y café, birrefringencia baja. Origen: Alteración de plagioclasas.	25
	Epidota	LPP: Incolora a amarillento, sin pleocroísmo, relieve alto, cristales anhedrales. LPA: Birrefringencia alta de tercer orden, colores de interferencia amarillos a rosados. Origen: Alteración de la roca.	15
Observaciones	No presenta		
Textura	Clástica		
Estructura	Presenta bandeamiento		
Nombre de la muestra	Toba cristalina		



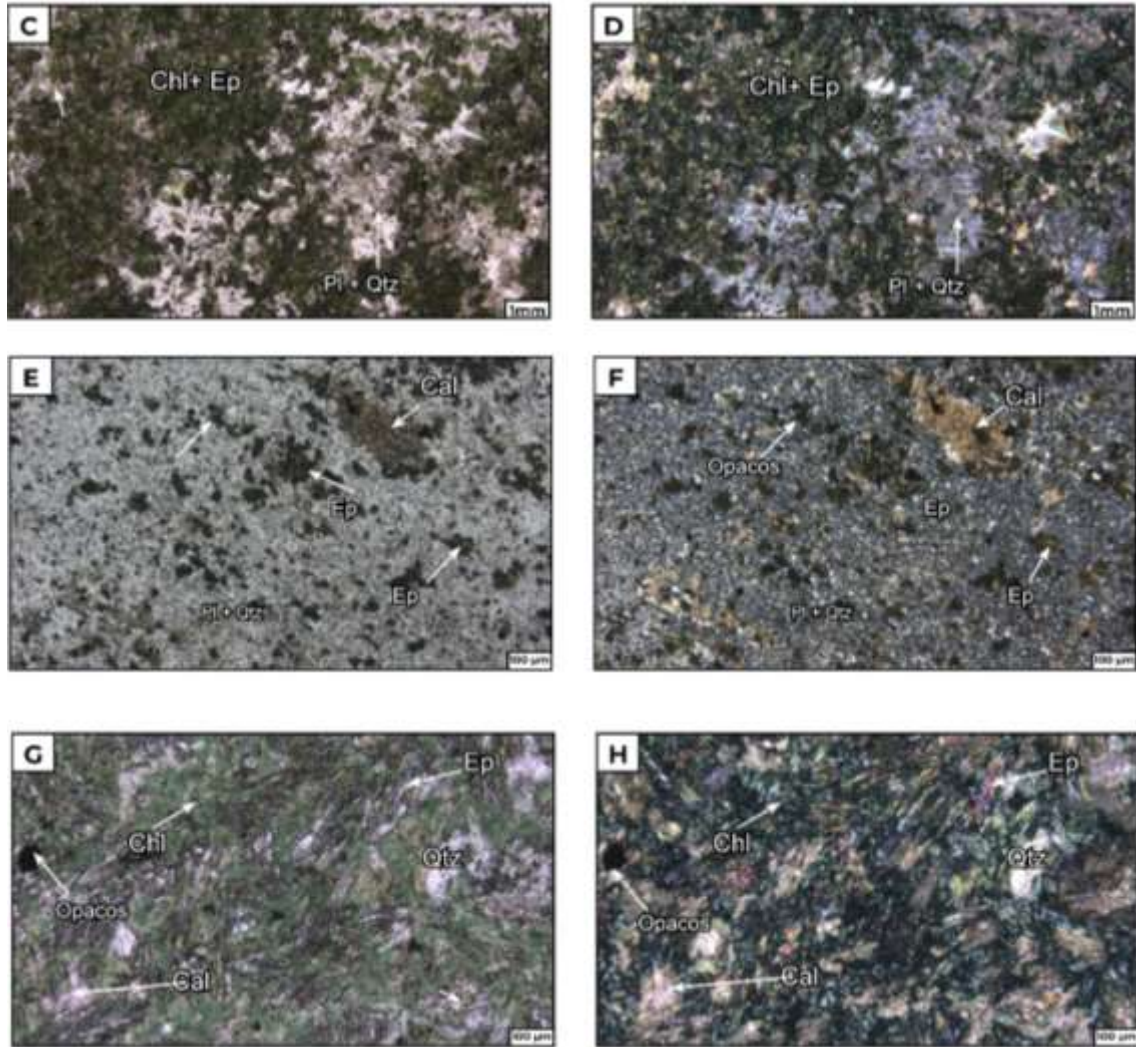
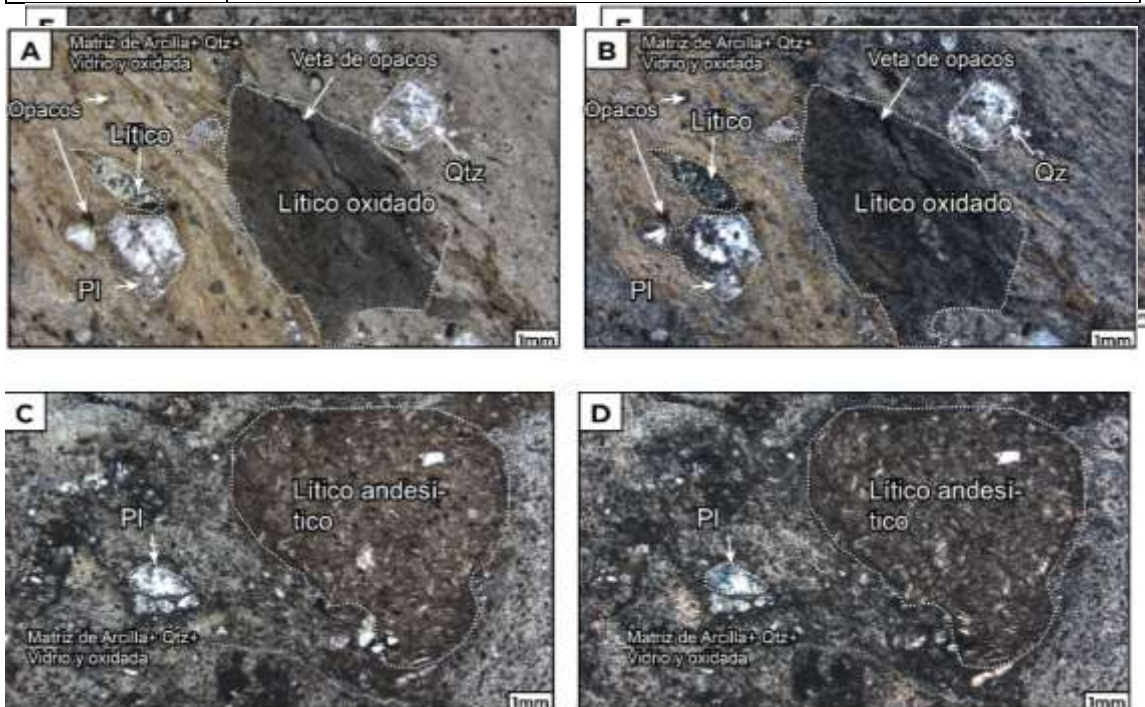


Figura 8.8: Imágenes de lámina delgada de la muestra LM-06 en luz polarizada plana (A, C, E, G) y luz polarizada analizada (B, D, F, H). Abreviaturas minerales: Qtz: cuarzo, Pl: plagioclasa, Chl: clorita, Cal: calcita, Ep: epidota.

CÓDIGO LM-06 Mina Rome Gold SA	Toba cristalina	
Color	Gris verdoso con intercalaciones gris claras y blancos.	
Textura	Clástica	
Estructura	Bandeamiento relacionado a turbiditas.	
Magnetismo	Débil	
Carbonatos	Calcita	
Vetillas	Epidota, calcita	
Sulfuros	Esfalerita, galena, pirita	
Matriz	clorita, epidota y calcita productos de alteración	
Observaciones	Presenta bandeamiento de colores verdes correspondiente a clorita con epidota y blancos correspondiente a calcita.	

Anexo 1. 9: Fichas de descripción microscópica y macroscópica de la muestra LM-07

LM-07		(%)	
Fragmentos Líticos	Líticos ígneos andesíticos, líticos volcanoclásticos, líticos oxidados.	10	
Otros	Relleno de cuarzo	LPP: Incoloros, sin pleocroísmo, relieve bajo, cristales anhedrales. LPA: Birrefringencia baja, colores de interferencia grises a blancos de primer orden. Aparecen rellenando cristales previos, posiblemente plagioclasas.	3
	Plagioclasa	LPP: Incoloras, sin pleocroísmo, relieve bajo, cristales tabulares euhedrales a subhedrales. LPA: Birrefringencia baja, colores de interferencia grises a blancos de primer orden, maclas simples. Alteración: Arcillas y carbonato.	5
Matriz	Vítrea alterándose a arcillas y oxidándose.	72	
Óxidos u Opacos	Presencia de opacos	10	
Alteraciones	Arcillas		
Observaciones			
Textura	Clástica		
Estructura	Bandeamiento fluidal		
Nombre de la roca	Toba cristalina		



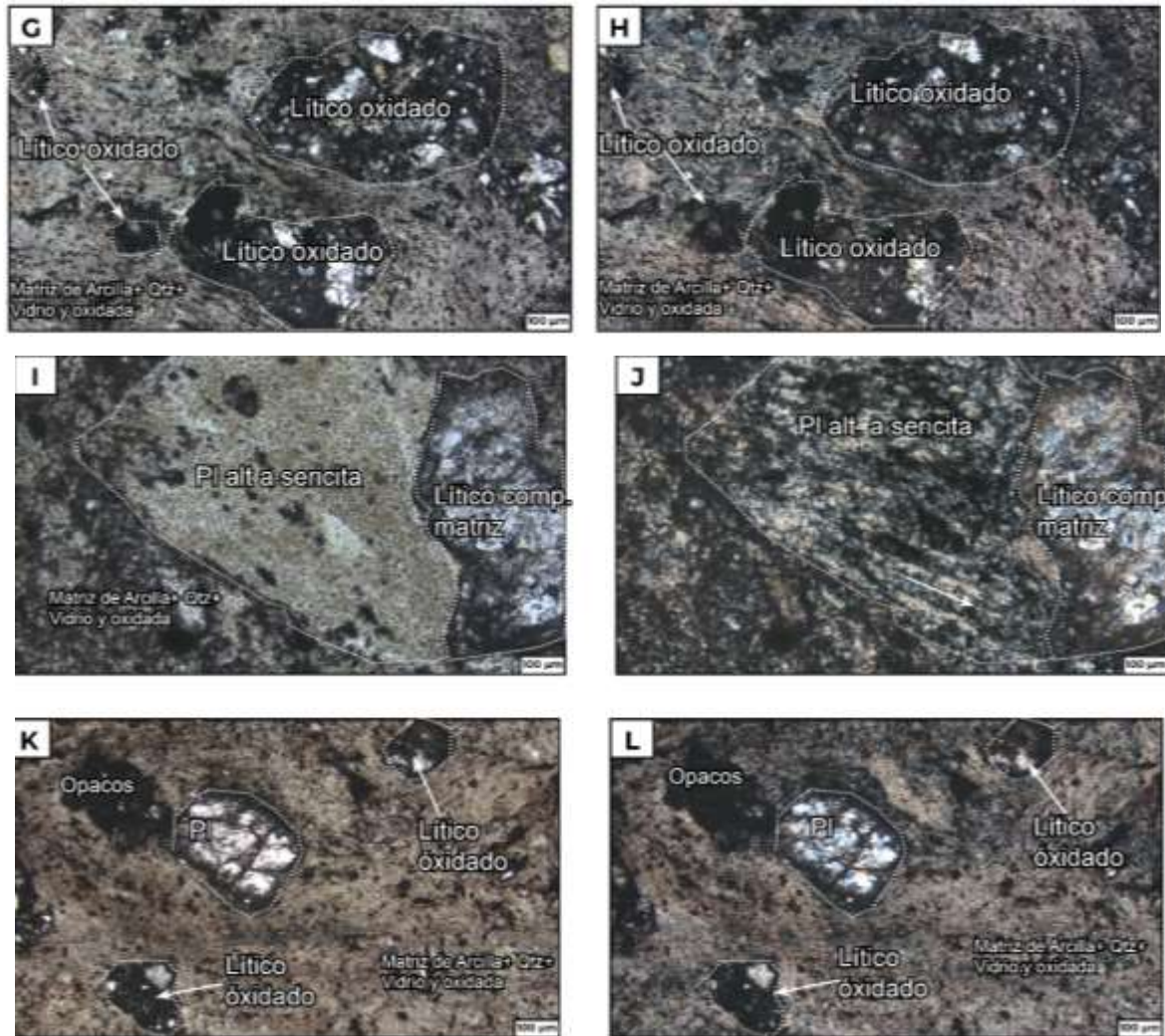
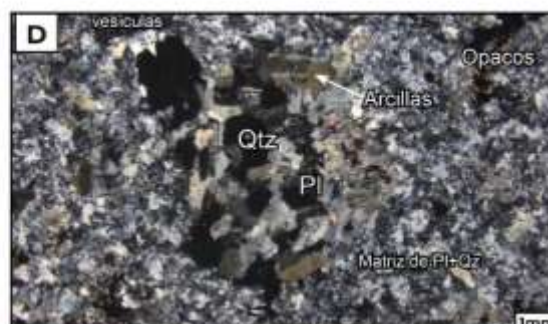
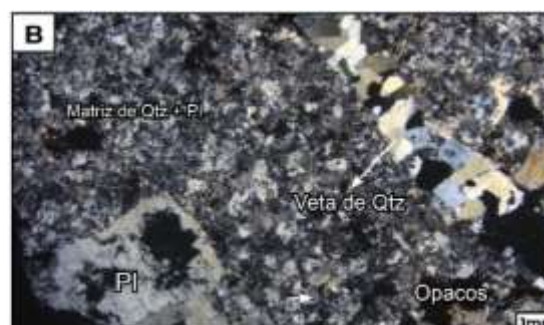


Figura 8.9: Imágenes de lámina delgada de la muestra LM-07 en luz polarizada plana (A, C, E, G, K) y luz polarizada analizada (B, D, F, H, L). Abreviaturas minerales: Qtz: cuarzo, Pl: plagioclasa.

CÓDIGO LM-07	Toba vcrstalina	
Mina Rome Gold SA		
Color	Verde	
Textura	Clástica	
Estructura	Presenta estructura de flujo	
Magnetismo	No presenta	
Carbonatos	No presenta	
Vetillas	No presenta	
Sulfuros	3% pirita	
Matriz	Matriz vítrea 75%	
Observaciones	Fragmentos angulares de cuarzo (7%) y fragmentos líticos indistinguibles de tamaños 1 a 3mm colores verde oscuro y grises (15%)	

Anexo 1. 10: Fichas de descripción microscópica y macroscópica de la muestra LM-08-01

LM-08-01		(%)	
	Plagioclasa	LPP: Incoloras, sin pleocroísmo, relieve bajo, cristales tabulares euhedrales a subhedrales. LPA: Birrefringencia baja, colores de interferencia grises a blancos de primer orden, maclas simples. Alteración: Arcillas (sericita). Presentación: Como fenocristales y en la matriz.	7
Matriz	Plagioclasa + cuarzo		74
Óxidos u Opacos	Presencia de oxidación.		1
Alteraciones	Arcillas	LPP y XLP: Agregados finos de color café.	5
	Sericita	LPP: Pleocroísmo de verde a verde claro o marrón, relieve medio, cristales anhedrales a subhedrales. LPA: Birrefringencia de segundo a tercer orden, colores variando de amarillos, violetas a marrones. Tipo: Tremolita.	13
Observaciones	No presenta		
Textura	Porfírica		
Estructura	No presenta		
Nombre de la roca	Andesita		



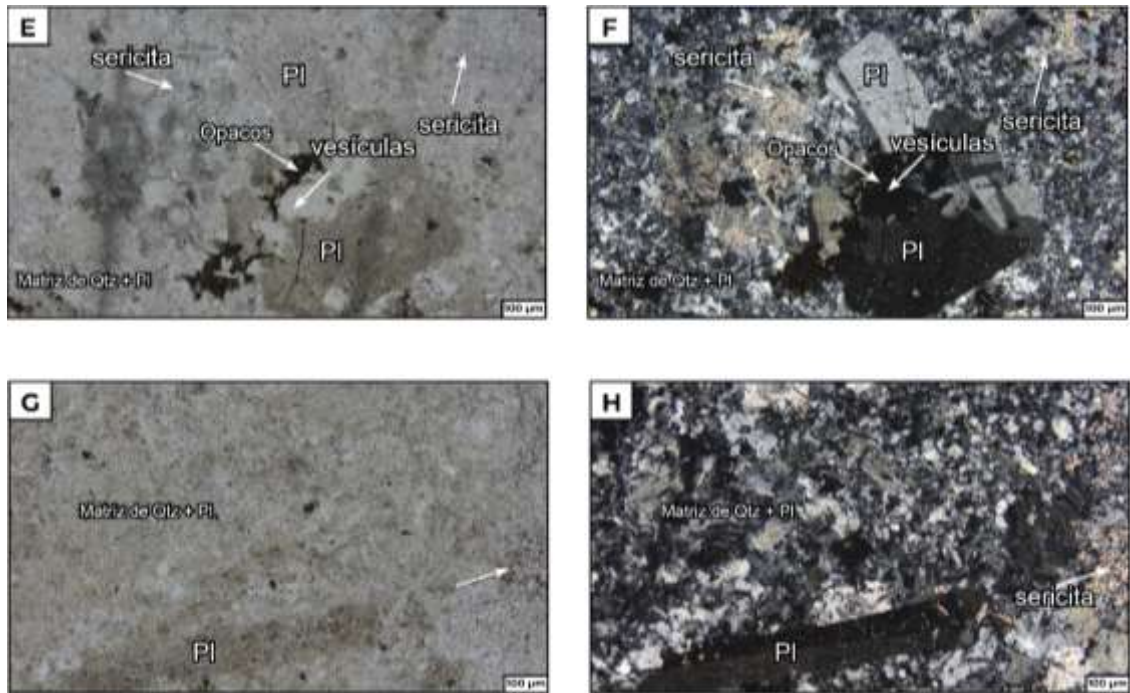


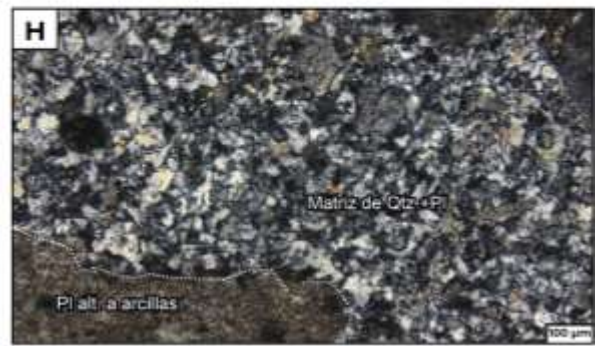
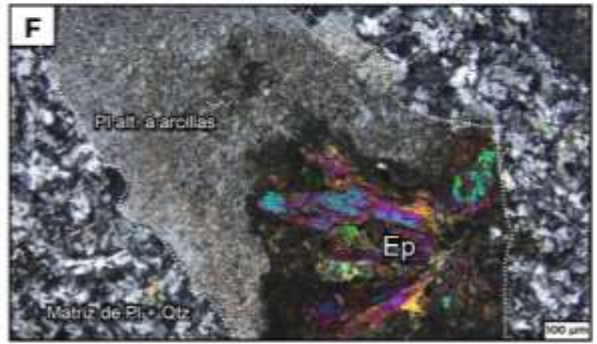
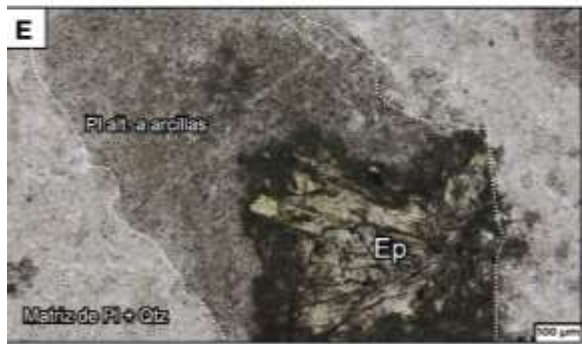
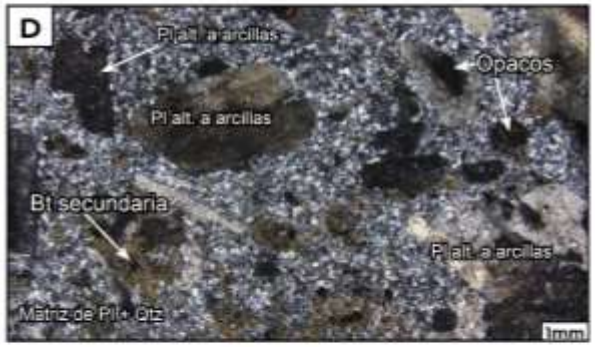
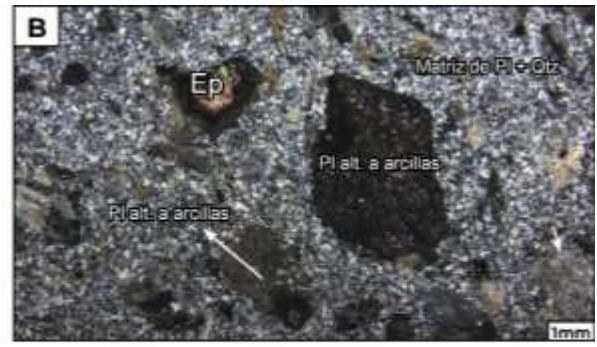
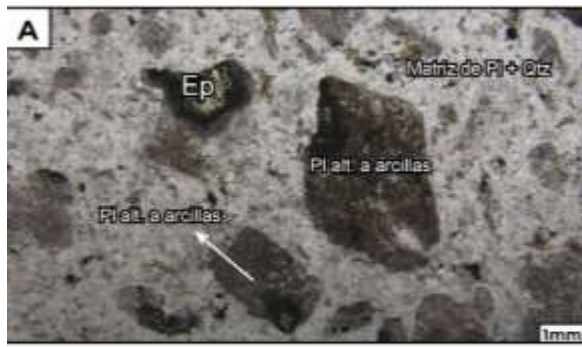
Figura 8.10: Imágenes de lámina delgada de la muestra LM-08-01 en luz polarizada plana (A, C, E, G) y luz polarizada analizada (B, D, F, H). Abreviaturas minerales: Qtz: cuarzo, Pl: plagioclasa.

CÓDIGO LM-08-01	Andesita	
Color	Blanco grisáceo	
Textura	Porfírica	
Estructura	Masiva	
Magnetismo	No presenta	
Carbonatos	No presenta	
Vetillas	De cuarzo muy delgada	
Sulfuros	No presenta	
Matriz	50% (no se puede describir en muestra de mano)	
Observaciones	Se observa plagioclasa (39%), oxidación (10%) en tonos rojizos, vesículas (1%).	

Anexo 1. 11: Fichas de descripción microscópica y macroscópica de la muestra LM-08-

02

LM-08-02			(%)
	Plagioclasa (Pl)	En LPP, las plagioclasas son incoloras y no muestran pleocroísmo, con un relieve bajo y una forma de cristales tabulares euhedrales a subhedrales. En LPA, exhiben una birrefringencia baja con colores de interferencia grises a blancos de primer orden y presentan maclas simples. Se están alterando a arcillas.	8
Matriz	Microcristalina de cuarzo + plagioclasa		
Óxidos/Opacos	Se observa la presencia de opacos.		2
Alteraciones	Biotita secundaria	En LPP presenta colores verde oliva con formas tabulares y pleocroísmo de verde a marrón claro. En XLP muestra colores de interferencia de segundo orden de marrones, verdes y rosas.	10
	Epidota	En LPP se presenta incolora a amarillento, sin pleocroísmo y con un relieve alto. Su forma es anhedral. En LPA tiene birrefringencia alta de tercer orden con colores de interferencia que varían de amarillos a rosados. Se presenta como alteración de la roca.	2
	Clorita	En LPP, La clorita, tiene verde con un pleocroísmo débil en tonos verdes. Tiene un relieve que va de bajo a medio y se presentan cristales anhedrales. En LPA, los colores de interferencia son anómalos, variando entre azules y café, con una birrefringencia baja.	1
	Arcillas	Se observan como agregados finos de color café tanto en LPP como en XLP	2
Observaciones		No presenta	-
Textura	Porfírica		
Estructura	No presenta		
Nombre de la roca	Andesita		



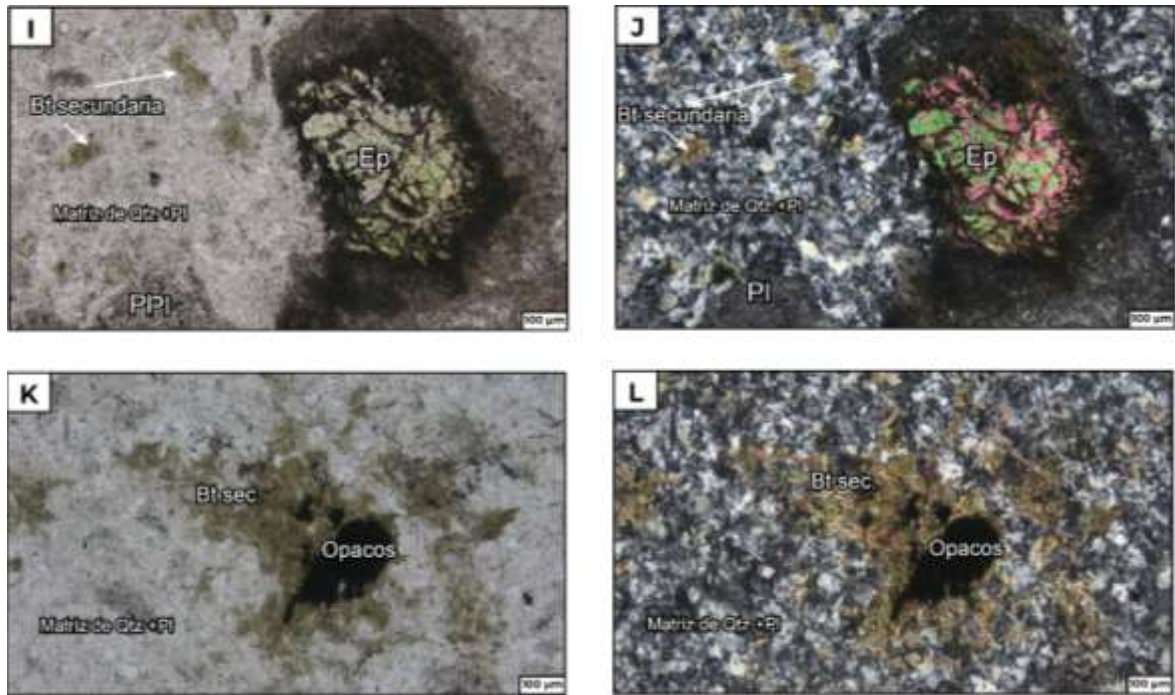
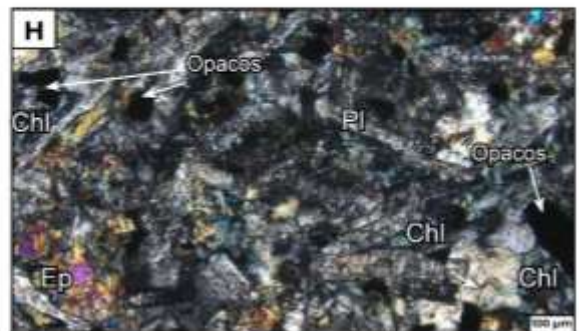
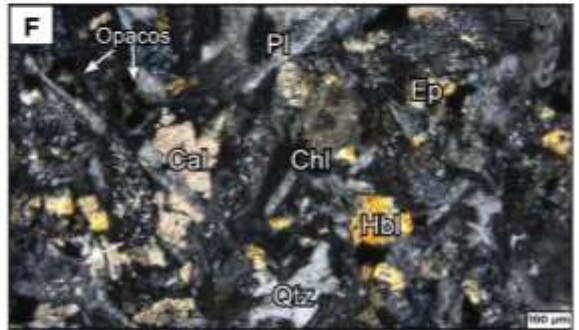
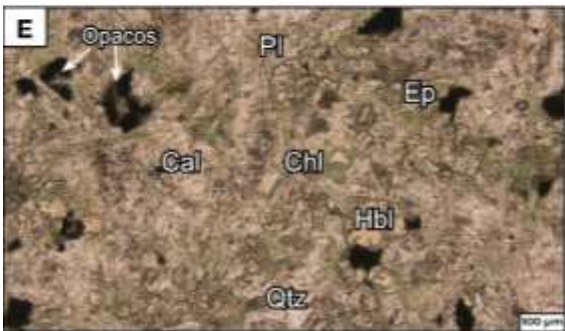
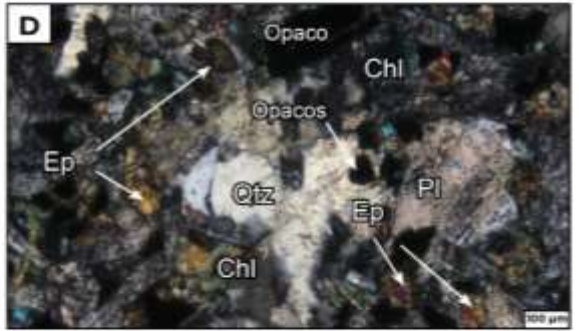


Figura 8.11: Imágenes de lámina delgada de la muestra LM-08-02 en luz polarizada plana (A, C, E, G, I, K) y luz polarizada analizada (B, D, F, H, J, K). Abreviaturas minerales: Qtz: cuarzo, Pl: plagioclasa, Bt sec: biotita secundaria, Ep: epidota.

CÓDIGO LM-08-02	Andesita	
Color	Gri verdoso	
Textura	Porfírica	
Estructura	Masiva	
Magnetismo	No presenta	
Carbonatos	No presenta	
Vetillas	No presenta	
Sulfuros	3% pirita	
Matriz	60% microcristalina indistinguible en muestra de mano	
Observaciones	Se observa plagioclasa (30%), cuarzo (5%), máficos (2%)	

Anexo 1. 12: Fichas de descripción microscópica y macroscópica de la muestra LM-09

LM-09			(%)
Fenocristales	Plagioclasa	En LPP, las plagioclasas son incoloras y no muestran pleocroísmo, con un relieve bajo y una forma de cristales tabulares euhedrales a subhedrales. En LPA, exhiben una birrefringencia baja con colores de interferencia grises a blancos de primer orden y presentan maclas simples. Se están alterando a carbonato.	30
	Cuarzo	En LPP, los minerales son incoloros, no muestran pleocroísmo, tienen un relieve bajo y se presentan como cristales anhedrales. En LPA, exhiben una birrefringencia baja con colores de interferencia grises a blancos de primer orden.	15
	Horblenda	En LPP pueden ser verde con pleocroísmo fuerte variando a colores marrones. Tienen relieve moderado a alto. En LPA tiene colores de birrefringencia de segundo a tercer orden amarillos con una extinción oblicua.	1
	Matriz	No Aplica	-
Óxidos/Opacos	Se observa la presencia de opacos, pueden ser magnetita debido al alto magnetismo que se describe en la muestra de mano.		20
Minerales de alteración	Epidota	En LPP se presenta incolora a amarillento, sin pleocroísmo y con un relieve alto. Su forma es anhedral. En LPA tiene birrefringencia alta de tercer orden con colores de interferencia que varían de amarillos a rosados. Se observan como posible alteración de minerales máficos.	10
	Calcita (Cal)	En LPP, los minerales son incoloros, no muestran pleocroísmo, tienen un relieve medio a alto y se presentan en forma de agregados granulares. En LPA, exhiben una birrefringencia muy alta de tercer orden con colores perlados. Como alteración de las plagioclasas.	9
	Clorita (Chl)	En LPP, la clorita, tiene verde con un pleocroísmo débil en tonos verdes. Tiene un relieve que va de bajo a medio y se presentan cristales anhedrales. En LPA, los colores de interferencia son anómalos, variando entre azules y café, con una birrefringencia baja.	15
Observaciones	No presenta		
Textura	Fanerítica		
Estructura	No presenta		
Nombre de la roca	Granodiorita		



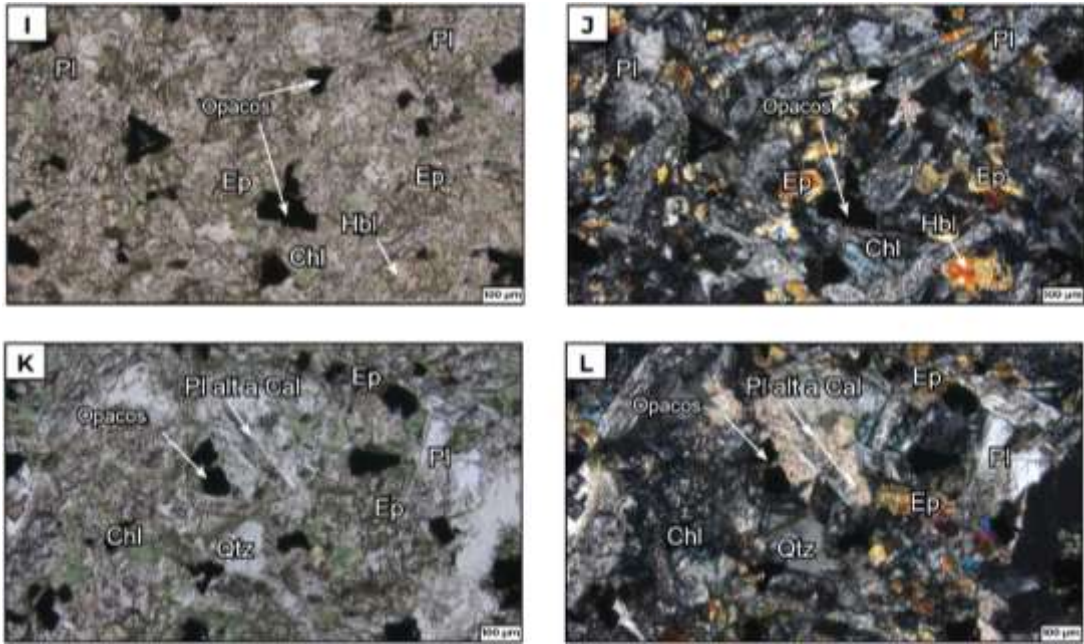


Figura 8.12: Imágenes de lámina delgada de la muestra LM-09 en luz polarizada plana (A, C, E, G, I, K) y luz polarizada analizada (B, D, F, H, J, K). Abreviaturas minerales: Qtz: cuarzo, Pl: plagioclasa, Ep: epidota, Cal: calcita, Chl: clorita, Hbl: horblenda.

CÓDIGO LM-09	Granodiorita	
Color	Verde grisáceo	
Textura	Microcristalina	
Estructura	Masiva	
Magnetismo	Alto	
Carbonatos	4% calcita	
Vetillas	No presenta	
Sulfuros	No presenta	
Matriz	No aplica	
Observaciones	Minerales no se distinguen por el tamaño de los cristales.	