

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**TESIS PROFESIONAL**

**ESTUDIO PETRO – MINERALÓGICO PARA DETERMINAR OCURRENCIA DE  
MINERALIZACIÓN EN LA ZONA DE SAPUC, DISTRITO DE LA ASUNCIÓN,  
CAJAMARCA, 2016.**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO GEÓLOGO**

**Presentado Por:**

**Bach. LENNIN HUSSEIN CABANILLAS VEGA**

**Asesor:**

**MCs. Ing. JOSÉ ALFREDO SIVERONI MORALES**

**CAJAMARCA – PERÚ**

**-2017-**

## **DEDICATORIA**

A mis padres Deysi y Andrés quienes me apoyaron para que llegue a este momento.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mi familia por su apoyo incondicional en cada momento de mi vida.

A la Universidad Nacional de Cajamarca y sus docentes por los conocimientos brindados.

Al Ing. José Siveroni Morales por su asesoramiento en la parte académica y en la presentación de la tesis.

## CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN .....	xi
ABSTRACT.....	xii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	4
2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	4
2.2.1 ESTRUCTURA DE LOS SILICATOS.....	5
2.2.2 MINERALES PETROGÉNICOS .....	6
2.2.3 CARÁCTERÍSTICAS DE LAS ROCAS IGNEAS .....	7
2.2.4 TEXTURAS Y ESTRUCTURAS DE LAS ROCAS INTRUSIVAS .....	9
2.2.5 CUERPOS INTRUSIVOS .....	13
2.2.6 CLASIFICACIÓN DE LAS ROCAS IGNEAS.....	14
2.2.7 DESCRIPCIÓN DE LAS ROCAS IGNEAS .....	16
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....	28
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	30
3.1 UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	30
3.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA .....	30
3.1.2 UBICACIÓN POLÍTICA.....	31
3.1.3 ACCESIBILIDAD.....	31
3.2 PROCEDIMIENTO DE RECOPIACIÓN DE DATOS .....	34
3.3.1 METODOLOGÍA.....	35
3.2.2 DEFINICIÓN DE VARIABLES.....	36
3.2.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	37
3.2.4 INSTRUMENTOS Y EQUIPO DE MEDICIÓN .....	37
3.3 GEOLOGÍA LOCAL.....	37
3.3.1 GRUPO GOYLLARISQUIZGA.....	37

	Pág.
3.3.2 GRUPO CRISNEJAS.....	38
3.3.3 GRUPO PULLUICANA.....	39
3.3.4 ROCAS INTRUSIVAS.....	40
3.4 TRATAMIENTO, ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	41
3.4.1 PETRO-MINERALOGÍA EN LA ZONA DE ESTUDIO.....	41
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	77
4.1 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	77
A) PETROLOGÍA.....	77
B) YACIMIENTO MINERAL.....	78
C) OCURRENCIA DE MINERALIZACIÓN.....	79
4.2 CONTRASTACIÓN CON LA HIPOTESIS.....	79
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	80
5.1 CONCLUSIONES.....	80
5.2 RECOMENDACIONES.....	80
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82
ANEXOS.....	83
ANEXO 01: PLANO DE UBICACIÓN.....	82
ANEXO 02: PLANO GEOLÓGICO.....	83
ANEXO 03: PLANO DE UBICACIÓN DE MUESTRAS.....	84

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Coordenadas UTM, de la zona de estudio. ....	30
Tabla 2. Accesibilidad a la zona de estudio. ....	31
Tabla 3. Clasificación de pendientes. ....	32
Tabla 4. Equipos y materiales de campo. ....	37
Tabla 5. Ubicación de la muestra 01.....	41
Tabla 6. Ubicación de la muestra 02.....	49
Tabla 7. Clasificación de rocas detríticas según DIN 4022. ....	52
Tabla 8. Ubicación de la muestra 03.....	56
Tabla 9. Ubicación de la muestra 04.....	64
Tabla 10. Ubicación de la muestra 05.....	68
Tabla 11. Cuadro de muestras analizadas. ....	77

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Equigranularidad en una muestra de sienogranito. (Ancochea; 2013).....	8
Figura 2. Inequigranularidad en una muestra de granito. (Ancochea; 2013).....	9
Figura 3. Muestra de la textura granular de una tonalita. (Ancochea; 2013).....	10
Figura 4. Muestra de la textura pegmatítica de un granito. (Ancochea; 2013).....	10
Figura 5. Muestra de la textura porfirítica de un granito. (Ancochea; 2013). ....	11
Figura 6. Esquema de una estructura gnéissica. (Peñaranda; 2010).....	12
Figura 7. Esquema de una estructura xenolítica. (Peñaranda; 2010). ....	12
Figura 8. Esquema de una estructura schelierica. (Peñaranda; 2010).....	12
Figura 9. Esquema de una estructura orbicular. (Peñaranda; 2010). ....	13
Figura 10. Esquema de la forma de un batolito. (Huang; 1968).....	13
Figura 11. Esquema de un lacolito. (Huang; 1968). ....	14
Figura 12. Muestra de granito equigranular. España. (Ancochea; 2013). ....	17
Figura 13. Muestra riolita con matriz afanítica. España. (Ancochea; 2013). ....	18
Figura 14. Muestra de granodiorita biotítica. España. (Ancochea; 2013). ....	20
Figura 15. Muestra de una dacita, nótese fenocristales de plagioclasa. España. (Ancochea; 2013). ....	22
Figura 16. Muestra de una traquita, con una textura porfirítica. (Ancochea; 2013).....	24
Figura 17. Muestra de diorita con fenocristales de hornblenda y plagioclasa. España. (Ancochea; 2013). ....	24
Figura 18. Muestra de andesita con matriz afanítica. España. (Ancochea; 2013).....	25
Figura 19. Muestra de un gabro con textura granular. España. (Ancochea; 2013).....	26
Figura 20. Muestra de una roca basáltica. España. (Ancochea; 2013). ....	27
Figura 21. Vista satelital de la zona de estudio. (Google Earth; 2016). ....	31
Figura 22. Mapas de las temperaturas mínimas y máximas (promedio anual) en la cuenca de Cajamarca. (Fuente: SENAMHI; 2016). ....	32
Figura 23. Vegetación típica de eucalipto y espino .....	33
Figura 24. Afluentes de agua presentes en el cerro Copán. ....	33
Figura 25. Estratos de arenisca cuarzosa pertenecientes a la Fm. Farrat. ....	38
Figura 26. Calizas nodulares de color crema pertenecientes a la Fm. Chúlec.....	38
Figura 27. Estratos delgados de caliza, que al fraccionarse presentan una coloración negrusca pertenecientes a la Fm. Pariatambo. ....	39

Figura 28. Estratos gruesos de caliza, con intercalaciones de lutitas amarillentas, pertenecientes a la Fm. Yumagual.....	40
Figura 29. Cuerpo intrusivo cuarzodiorítico.....	40
Figura 30. Contacto entre el intrusivo y la caliza, se observa un fuerte fracturamiento en las calizas.....	41
Figura 31. Muestra de mano del intrusivo Granodiorítico.....	42
Figura 32. Clasificación de granodiorita según el diagrama de Streckeisen. ....	45
Figura 33. Fotomicrografía de fenocristales de plagioclasas I (PGLs I) y cuarzo I (cz I); inmersos en una matriz de microcristalina constituida por cuarzo II, plagioclasas II y feldespatos potásicos II (czII-PGLsII-FPKsII).....	46
Figura 34. Fotomicrografía de fenocristales de plagioclasas I (PGLs I) y anfíboles alterados a cloritas y óxidos de hierro (ANFs-CLOs-OXsFe); en matriz microcristales de cuarzo II, plagioclasas II y feldespatos potásicos II (czII-PGLsII-FPKsII). ....	46
Figura 35. Fotomicrografía de fenocristales de plagioclasas I (PGLs I) y biotita alterada a cloritas y óxidos de hierro (bt-CLOs-OXsFe); en una matriz microcristalina constituida por cuarzo II, plagioclasas II y feldespatos potásicos II (czII-PGLsII-FPKsII). ....	47
Figura 36. Fotomicrografía de fenocristales de feldespatos potásicos I (FPKs I) y anfíboles alterados a cloritas y óxidos de hierro (ANFs-CLOs-OXsFe); en matriz microcristalina de cuarzo II, plagioclasas II y feldespatos potásicos II (czII-PGLsII-FPKsII). ....	47
Figura 37. Fotomicrografía de fenocristal de anfíbol (ANFs) alterado intensamente a cloritas (CLOs), carbonatos (CBs) y óxidos de hierro (OXsFe) con inclusiones de minerales opacos (OPs); matriz de cuarzo II, plagioclasas II y feldespatos potásicos II (czII-PGLs.....	48
Figura 38. Fotomicrografía de fenocristal de plagioclasas I (PGLs I); en una matriz formada por microcristales de cuarzo II (cz II) con plagioclasas II (PGLs II) y feldespatos potásicos II (FPKs II) en sus intersicios.....	48
Figura 39. Limolitas oscuras fuertemente fracturadas por el contacto con el intrusivo. ....	49
Figura 40. Muestra de mano de limolita color gris oscuro con impregnaciones de óxidos de hierro. ....	50
Figura 41. Fotomicrografía de la roca formada por agregados de arcillas criptocristalinas, micas microfibras y carbonatos micríticos con impregnaciones de óxidos de hierro y minerales opacos I diseminados (ARCs-MCs-CBs-OXsFe-OPsI); además venillas y cavidades rellenas por agregados de anfíboles (ANFs).....	53



Figura 42. Fotomicrografía de agregados de arcillas, micas y carbonatos con impregnaciones de óxidos de hierro (ARCs-MCs-CBs-OXsFe), en algunos sectores con mayor presencia de micas (MCs); además venillas rellenas por agregados de anfíboles (ANFs).....	53
Figura 43. Fotomicrografía de agregados de arcillas criptocristalinas, micas microfibrosas y carbonatos micríticos con impregnaciones de óxidos de hierro (ARCs-MCs-CBs-OXsFe) con pequeños cristales de cuarzo I (cz I) y minerales opacos I (OPs I) diseminados. ....	54
Figura 44. Fotomicrografía de partes de la sección donde se observa mayor presencia de micas (MCs); con pequeños cristales de cuarzo I (cz I) diseminados. ....	54
Figura 45. Fotomicrografía de agregados de arcillas criptocristalinas, micas microfibrosas y carbonatos micríticos con impregnaciones de óxidos de hierro (ARCs-MCs-CBs-OXsFe) con minerales opacos I (OPs I) diseminados; además una fina venilla rellena por agregados de epidota (ep) y minerales opacos II (OPs II). ....	55
Figura 46. Fotomicrografía de agregados de arcillas, micas y carbonatos con impregnaciones de óxidos de hierro (ARCs-MCs-CBs-OXsFe), con cavidades rellenas por agregados de anfíboles (ANFs) y minerales opacos II (OPs II).....	55
Figura 47. Cuerpo intrusivo ubicado a unos 500 m al este de la muestra 01 y 02.....	56
Figura 48. Muestra de mano del intrusivo Cuarzodiorítico. ....	57
Figura 49. Clasificación de cuarzodiorita según el diagrama de Streckeisen.....	60
Figura 50. Fotomicrografía de fenocristales de plagioclasas I (PGLs I) y moldes de ferromagnesianos alterados por agregados de biotita secundaria y cloritas (bts-CLOs); matriz de plagioclasas II, cuarzo II y feldespatos potásicos II con biotita secundaria en los intersticios (PGLsLL-czII-FPKsII-bts). ....	61
Figura 51. Fotomicrografía de fenocristales de cuarzo I (cz I); matriz de plagioclasas II, cuarzo II y feldespatos potásicos II con biotita secundaria en los intersticios (PGLsII-czII-FPKsII-bts). ....	61
Figura 52. Fotomicrografía de fenocristal de feldespatos potásicos I (FPKs I); matriz de plagioclasas II (PGLs II), cuarzo II y feldespatos potásicos II con textura micrográfica (czII-FPKsII) con agregados de biotita secundaria con impregnaciones de óxidos de hierro (bts-OXsFe) en los intersticios.....	62
Figura 53. Fotomicrografía de fenocristales de plagioclasas I (PGLs I) y moldes de ferromagnesianos completamente alterados a biotita secundaria, cloritas y óxidos de hierro (bts-CLOs-OXsFe); matriz de plagioclasas II, cuarzo II y feldespatos potásicos II con biotita secundaria en los intersticios (PGLsII-czII-FPKsII-bts).....	62

Figura 54. Fotomicrografía de un molde de ferromagnesiano reemplazado por agregados de biotita secundaria (bts), cloritas (CLOs) y carbonatos (CBs); en matriz de plagioclasas II (PGLs II), cuarzo II y feldespatos potásicos II con textura micrográfica (czII-FPKsII) con biotita secundaria (bts) en los intersticios. ....	63
Figura 55. Fotomicrografía de fenocristales de plagioclasas I (PGLs I); en matriz de plagioclasas II (PGLs II), feldespatos potásicos II (FPKs II) y cuarzo II (cz II) con biotita secundaria (bts) y carbonatos (CBs) en sus intersticios. ....	63
Figura 56. Brecha de ruptura, las fracturas no responden a ninguna orientación. ....	64
Figura 57. Muestra de mano de la estructura mineralizada. ....	65
Figura 58. Fotomicrografía de agregados masivos de pirrotita (po) y cristales de calcopirita (cp) diseminados en intersticios de gangas (GGs). ....	66
Figura 59. Fotomicrografía de cristales de pirita (py) en intersticios de gangas (GGs) remplazadas desde sus bordes por agregados masivos de pirrotita (po). ....	66
Figura 60. Fotomicrografía de agregados masivos de pirrotita (po) remplazados desde los bordes por cristales de calcopirita (cp); en intersticios de gangas (GGs). ....	67
Figura 61. Fotomicrografía de cristales de pirrotita (po) remplazados desde sus bordes por cristales de calcopirita (cp); en intersticios de gangas (GGs). ....	67
Figura 62. Bocamina artesanal realizada en la brecha de ruptura. ....	68
Figura 63. Muestra de mano de una estructura de relleno mineralizada. ....	69
Figura 64. Fotomicrografía de cristales de arsenopirita (apy) con formas rómbicas diseminados en intersticios de los agregados de cristales de cuarzo (cz), carbonatos (CBs), micas, arcillas y jarosita (MCs-ARCs-jar). ....	71
Figura 65. Fotomicrografía de cristales de arsenopirita (apy) con formas rómbicas diseminados en intersticios de los agregados de cristales de cuarzo (cz), carbonatos (CBs), micas, arcillas y jarosita (MCs-ARCs-jar). ....	72
Figura 66. Fotomicrografía de agregados de cristales de pirita (py) remplazados desde sus bordes por melnicovita (mel); en intersticios de los agregados de cuarzo (cz). ....	72
Figura 67. Fotomicrografía de agregados de cristales de pirita (py) remplazados desde sus bordes por melnicovita (mel); en intersticios de los agregados de cuarzo (cz). ....	73
Figura 68. Fotomicrografía de cristales de pirita (py) y arsenopirita (apy) en intersticios de los agregados de cuarzo (cz) y micas con impregnaciones de jarosita (MCs-jar). ....	73
Figura 69. Fotomicrografía de cristales de pirita (py) y arsenopirita (apy) en intersticios de los agregados de cuarzo (cz) y micas con impregnaciones de jarosita (MCs-jar). ....	74

Figura 70. Fotomicrografía de cristal de pirita (py) reemplazando a la arsenopirita (apy) desde sus bordes.....	74
Figura 71. Fotomicrografía de cristales de pirrotita (po) reemplazando a la arsenopirita (apy) a partir de sus bordes. ....	75
Figura 72. Fotomicrografía de cristales de calcopirita (cp) reemplazando a la pirita (py) desde sus bordes.....	75
Figura 73. Fotomicrografía de galena (gn) reemplazando a pirrotita (po) desde sus centros; además agregados de goethita (goe) reemplazando a la melnicovita (mel) a partir de sus bordes. ....	76

## RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en un cuerpo intrusivo, el cual se encuentra albergado en rocas sedimentarias del Cretácico Inferior y Superior, cercano al Centro Poblado de Sapuc, distrito de la Asunción. Dicha zona cuenta con un gran potencial para la investigación, pero son escasos los estudios que se pueden encontrar sobre ella. Es por ello que surgió la necesidad de desarrollar el estudio petro – mineralógico para determinar ocurrencia de mineralización, con el fin de colocar a disposición de la comunidad universitaria y el público en general información de interés sobre dicha zona de estudio. El objetivo principal de esta investigación es determinar si existe ocurrencia de mineralización, para ello se realizó una etapa preliminar de gabinete en la cual se recopiló datos necesarios para la investigación, luego una etapa de campo donde se reconoció la zona, analizó las características geológicas y se recolectó muestras. Los resultados obtenidos muestran que en el contacto del intrusivo granodiorítico y la lutita carbonatada de la Fm. Pariatambo ambas muestras presentan evidencia de un metasomatismo de contacto evidenciado por los minerales calcosilicatados y el abundante fracturamiento; también que el intrusivo lejano al contacto varía de composición a una Cuarzodiorita debido a que disminuye su porcentaje de plagioclasas y aumenta su porcentaje de cuarzo, en la cual existe una brecha de ruptura mineralizada con sulfuros de hierro, cobre, plomo y arsénico. Según los resultados obtenidos se llegó a la conclusión de que existe ocurrencia de mineralización en la zona de estudio; también que existe un yacimiento skarn evidenciado por la presencia de anfíbol, epidota y calcopirita. Además, al sur oeste del intrusivo existe un depósito tipo stockwork con mineralización de pirita, pirrotita, melnicovita, calcopirita, arsenopirita, galena y goethita.

Palabras claves: Petrología, mineralogía, ocurrencia de mineralización, skarn, stockwork.

## ABSTRACT

The present investigation was developed in an intrusive body, which is housed in sedimentary rocks of the lower and upper Cretaceous, near the center of Sapuc, district of Asunción. This area has great potential for research, but there are few studies that can be found about it. That is why the need arose to develop the petro - mineralogical study to determine occurrence of mineralization, in order to make available of the university community and the public in general information of interest in said area of study. The main objective of this investigation is to determine if there is an occurrence of mineralization, for which a preliminary stage of the study was carried out, in which the necessary data for the investigation were collected, then a field stage where the area was recognized, analyzed the geological and Samples were collected. The obtained results show that in the contact of the granodioritic intrusive and the carbonated shale of the fm. Pariatambo both samples present evidence of a contact metasomatism evidenced by calcosilicate minerals and abundant fracturing; Also that the distant intrusive contact varies from composition to a Cuarzodiorite because its percentage of plagioclase decreases and its percentage of quartz increases, in which there is a mineralized rupture gap with iron, copper, lead and arsenic sulphides. According to the results obtained it was concluded that there is occurrence of mineralization in the study area; Also that there is a skarn deposit evidenced by the presence of amphibole, epidote and chalcopryrite. In addition, to the south west of the intrusive exists a stockwork type deposit with mineralization of pyrite, pyrrhotite, melnicovite, chalcopryrite, arsenopyrite, galena and goethite.

Keywords: Petrology, mineralogy, occurrence of mineralization, skarn, Stockwork.

## **CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN**

El sistema Cretácico en los Andes del Perú, ha despertado gran interés exploratorio, debido a que se han descubierto depósitos de oro, plata y otros elementos valiosos, emplazados en dichas rocas sedimentarias.

Es así que surge la necesidad de aportar con estudios petro - mineralógicos para determinar la ocurrencia de mineralización en áreas que tienen potencial para ser explotadas y donde hay escasos estudios de este tipo. Una de ellas es el afloramiento de un intrusivo cuarzodiorítico, que cuya intrusión en las rocas sedimentarias del Cretácico Inferior y Superior genero un yacimiento mineral, se encuentra ubicado en el cerro “Copán” y “Collaodar”, Centro Poblado de Sapuc, distrito de Asunción, Cajamarca; dentro de las concesiones mineras Contumaza 15, 16 y 17 pertenecientes a Minera Yanacocha. A través de la aplicación de los conocimientos de petrología y mineralogía, se analizó los afloramientos rocosos, también se realizó un reconocimiento y recolección de muestras. Para posteriormente con la ayuda del análisis petro - mineralógico, tanto macroscópico y microscópico de las muestras extraídas, se determinó la ocurrencia de mineralización.

La presente tesis se inicia enfatizando los rasgos geológicos propios de la zona, como son la geología regional y local, características litológicas, estructurales y la relación existente entre la mineralogía con el tipo de yacimiento.

Este estudio ha permitido obtener resultados sobre la ocurrencia de mineralización, que servirá como herramienta para investigaciones posteriores y académicas.

El problema que se plantea es el de definir como se desarrollará el estudio petro – mineralógico para determinar la ocurrencia de mineralización en el Centro Poblado de Sapuc, distrito de Asunción.

La justificación de la investigación para la presente tesis es que busca generar nuevos alcances sobre la ocurrencia de mineralización del intrusivo Cuarzodiorítico hospedado en rocas sedimentarias del cretácico superior, en el cerro “Copán” y “Colloadar” que se encuentra cerca del Centro Poblado de Sapuc. Por medio del presente estudio se aportará nuevos conocimientos de la génesis del yacimiento, de la mineralogía y su importancia como posible proyecto minero.

Esta investigación servirá como una base para futuros estudios de investigación que se realicen en la franja metalogenética de epitermales de oro y plata hospedados en rocas sedimentarias, también para motivar a futuros profesionales a expandir nuestras fronteras y volcarnos a investigar lugares no muy accesibles, pero que pueden aportar con grandes conocimientos para el desarrollo de nuestra región y del país.

Como objetivo general se pretende: Determinar la ocurrencia de mineralización mediante estudios petro - mineralógicos en el Centro Poblado de Sapuc, distrito de Asunción, Cajamarca. Como objetivos específicos se planea realizar el estudio petrológico. Realizar un estudio mineralógico. Estudiar el yacimiento mineral que se ha formado.

La hipótesis de la investigación plantea que existe ocurrencia de mineralización, evidenciada por el estudio petrológico y mineralógico de las rocas que afloran en el área de estudio.

**Capítulo II. Marco Teórico:** En este capítulo se consideraron los antecedentes de investigación nacional, regional y local (estudios geológicos del Cretácico Superior); y como bases teóricas se consideraron fundamentos de petrología y mineralogía, además la definición de términos básicos que se utilizan en la presente investigación.

**Capítulo III. Materiales y Métodos:** Este capítulo se divide en dos ítems, en el primero se considera la ubicación y accesibilidad a la zona de estudio, además se hace referencia a la metodología de investigación, trabajo de gabinete y campo. Mientras que en el segundo se hace referencia a la descripción de la geología local, petrología y mineralogía.

**Capítulo IV. Análisis y Discusión de Resultados:** En este capítulo se presentó los resultados obtenidos, con el respectivo análisis de los mismos; que llevó a la contratación de la hipótesis.

**Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones:** Se refiere a las conclusiones respectivas del estudio y las recomendaciones necesarias.



## **CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO**

### **2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN**

**Benavides (1956):** “Geología de la región Cajamarca: Sociedad Geológica del Perú Tomo 30”. Realiza un estudio de las unidades geológicas presentes en la región Cajamarca, identificándolas, describiéndolas y especificando sus características.

**Endlicher et al. (1974):** “Evaluación de las concesiones mineras revertidas: Ministerio de Energía y Minas”. Determinan las posibilidades mineras de las concesiones revertidas, incluido el “Agrupamiento Vista Alegre”. Donde tienen en cuenta la distribución, tamaño y forma de mineralización de este proyecto cercano a la zona de investigación.

**Gómez (1971):** “Informe de la mina vista alegre: Banco Minero del Perú.” Analiza la factibilidad de la pequeña mina “Vista Alegre”, en la zona de estudio. Donde describe algunos minerales presentes y sugiere realizar labores subterráneas.

**Málaga C (1906):** “Informe minero del cerro Colloadar: Cuerpo de ingenieros de minas, vol n° 31”. Analiza el posible potencial minero del cerro Colloadar, observando minerales presentes y enviando muestras para análisis en laboratorio.

**Quispe et al. (2008):** “Mapa metalogenético del Perú: Instituto Geológico Minero Metalúrgico del Perú”. Se realiza un nuevo mapa metalogenético que presentaba 23 franjas metalogenéticas definida en base a dominios geotectónicos y sistemas de fallas regionales y una clasificación de depósitos minerales por operación y proyectos mineros.

**Reyes (1980):** INGEMMET - Boletín N° 31. “Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba”. Analizan regionalmente el área de estudio, realizando el cartografiado a escala 1: 100,000. Definiendo finalmente la presencia de grandes unidades geológicas como el Mesozoico y Cenozoico.

## 2.2 BASES TEÓRICAS

### 2.2.1 ESTRUCTURA DE LOS SILICATOS

Se debe tener en cuenta que más del 90% de la corteza terrestre está conformada por silicatos, se comprenderá la importancia de este gran grupo de minerales que a su vez componen la mayoría de las rocas. (Dana; 1972) los clasifica en 6 sub grupos:

#### **NESOSILICATOS**

Que significa isla, son grupos separados de silicio en los que los oxígenos se encadenan a cationes. El radical de este grupo es el  $\text{SiO}_4$ . Ejemplo la fosterita.

#### **A) SOROSILICATOS**

Que significa hermana, este tipo de estructura se asocian a dos átomos compartiendo un oxígeno, entre los dos. El radical que representa a este grupo es el  $\text{Si}_2\text{O}_7$  es decir la calamina.

#### **B) CICLOSILICATOS**

Que significa anillos. Esta clase de silicatos está constituida por tres, cuatro, seis o doce tetraedros de silicio que comparten dos o más oxígenos con sus vecinos. Su radical representativo es el berilio.

#### **C) INOSILICATOS**

Que significa músculo o tejido, es un tipo de silicato en los que los átomos de silicio balanceados de oxígeno, se distribuyen en una estructura de cadena simple o cinta o de doble cadena. Por ejemplo, estas pueden ser la hornblenda.

#### **D) FILOSILICATOS**

Que significa lámina y hoja, la estructura de este tipo de silicatos es laminar. Los tetraedros de silicio que se asocian a otros compartiendo tres oxígenos con sus vecinos, dando apariencia laminar. Estos tipifican a las micas.

## **E) TECTOSILICATOS**

Que significa esqueleto o armazón, es aquel tipo de compuesto solo de silicio y oxígeno, donde todos los silicios comparten 4 oxígenos con sus vecinos dando la apariencia de un armazón dentro de la red cristalina. Este grupo incluye al cuarzo y a la ortoclasa.

### **2.2.2 MINERALES PETROGÉNICOS**

(Dana; 1972) los agrupa en 7 importantes grupos y estos son:

#### **A) GRUPO DEL OLIVINO**

Grupo de minerales de color verde olivo que pueden adoptar tonos rojizos y pardos, se llama olivino a tres minerales diferentes y a sus combinaciones. Se presentan en rocas muy básicas, son nesosilicatos.

#### **B) GRUPO DE LOS PIROXENOS**

Grupo importante de ferromagnesianos (básicos), que forman rocas ígneas. El mineral más importante y más común es la augita, de color negro y lustre vítreo.

#### **C) GRUPO DE LOS ANFIBOLES**

Es un conjunto de filosilicatos especiales que se presentan en rocas ígneas. Las micas más destacadas son la moscovita, que es incolora en rocas ácidas y alcalinas y no frecuentemente en rocas volcánicas, la biotita es de color negro y lustre perlino muy escamoso, se presenta en pequeños piquetitos en varias rocas ígneas.

#### **D) GRUPO DE LAS MICAS**

Es un grupo de los filosilicatos especiales que se presentan en las rocas ígneas. Las micas más importantes son las incoloras, común en rocas ácidas y alcalinas y no frecuente en rocas volcánicas, la biotita es de color negro lustre perlino muy escamoso, otras son la flogopita y la lepodolita.

#### **E) GRUPO DE LOS FELDESPATOS**

Feldespato significa cristal de campo, por lo que son las más frecuentes entre las rocas; son muy importantes porque la variación de sus porcentajes origina que las rocas tomen diferentes denominaciones. Se le llama feldespato a tres moléculas diferentes y a sus combinaciones e intercrecimientos: ortosa (silicato aluminico de potasio), albita (silicato

alumínico de sodio), anortita (silicato alumínico de calcio). Los feldespatos pueden ser plagioclasas o feldespatos calco-sódicos, cuando intercrecen cristales de plagioclasa sódica y cristales de plagioclasa cálcica, si son más cálcicas se llaman plagioclasas cálcicas y si son más sódicas se llaman plagioclasas sódicas. La mezcla de ortoclasa y de plagioclasa sódica se denomina ortoclasas o feldespatos alcalinos.

#### **F) GRUPO DE LA SÍLICE**

Es un conjunto de minerales de la misma composición  $\text{SiO}_2$ . Este grupo está conformado, por: Cuarzo alfa ( $\alpha$ ), el cuarzo de beta ( $\beta$ ), la cristobalita, la tridimita, la lechaterita, el ópalo y la calcedonia. El cuarzo de alta  $\beta$ , es el más importante del grupo, se presenta llenando intersticios (huecos), por lo tanto, no refleja forma cristalográfica, algunos se aprecian como granos de minerales transparentes o turbios. El cuarzo de baja ( $\alpha$ ), se diferencia porque cristaliza en forma hexagonal y los cuales se encuentran en vetas de baja sulfuración. El cuarzo de alta se presenta en la mayoría de las rocas ácidas o intermedias, se caracteriza por el lustre vítreo-graso. La lechaterita, tridimita y cristobalita, son minerales escasos, son ocasionales en vidrios que conforman las rocas volcánicas.

#### **G) GRUPO DE LOS FELDESPATOS**

Son minerales de la familia de los feldespatos tectosilicatos como sus semejantes que aparecen en algunas rocas alcalinas no frecuentes. Estos feldespatoides son la: Nefelina, cancrinita, sodalita, leucita, analcima.

### **2.2.3 CARÁCTERÍSTICAS DE LAS ROCAS IGNEAS**

(Huang; 1968) menciona 7 características fundamentales de las rocas ígneas, las cuales son:

#### **A) TEXTURA**

Es la ordenación de los granos o fragmentos cristalinos, en una masa de mano ejemplo: Textura porfirítica.

#### **B) ESTRUCTURA**

Es un término que se reserva para aquellas características más pronunciadas que implican forma y posición de los cuerpos ígneos, ejemplo un batolito.

### C) GRADO DE CRISTALIZACIÓN

El grado de cristalización se refiere al mayor o menor logro de los minerales para cristalizar.

- a) Una roca es holocristalina cuando sus componentes son todos cristales o granos cristalizados, este grado de cristalización tipifica a las rocas ígneas intrusivas.
- b) Una roca es merocristalina, cuando se compone de cristales y vidrio caracteriza a rocas ígneas formadas cerca de la superficie.
- c) Una roca es holovítrea u holohialina, cuando casi en su totalidad está integrada por vidrio. Este grado es característico de rocas volcánicas.

### D) TAMAÑO DE GRANO

Antes de establecer dimensiones se debe entender los términos fanerítico y afanítico.

- a) Fanerítico. Es un término que se utiliza para designar rocas cuyos granos son fácilmente reconocibles a simple vista o con la lupa.

Grano Grueso: Cuando son cristales mayores de 5mm

Grano Medio: Cuando su tamaño varío de 5 a 1mm.

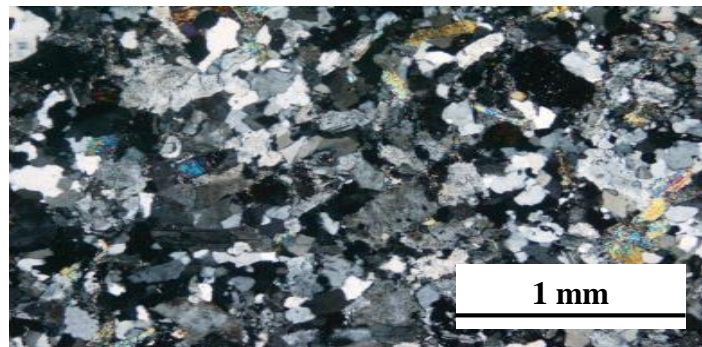
Grano Fino: cuando el grano es menor a 1mm.

- b) Afanítico. Se utiliza para señalar rocas en las que los granos son tan finos que solo presentan una masa vítrea distinguible solamente con la ayuda del microscopio.

### E) GRANULARIDAD

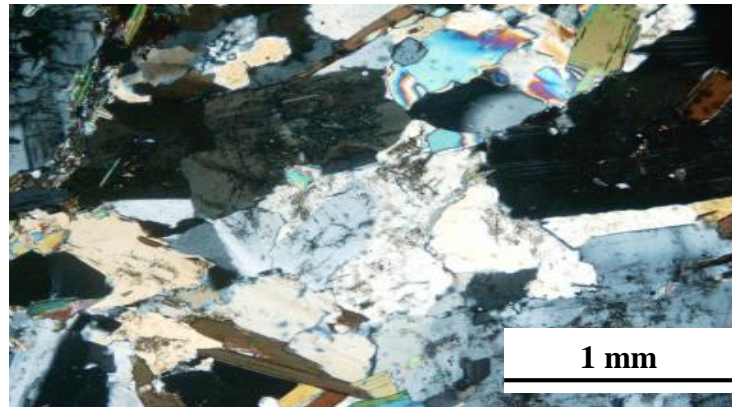
Se utiliza para indicar rocas homogéneas, en lo que tamaño se refiere:

- a) Roca equigranular. Aquella con granos más o menos iguales.



**Figura 1.** Equigranularidad en una muestra de sienogranito. (Ancochea; 2013).

**b) Roca inequigranular.** Aquella roca cuyos granos son claramente distintos.



**Figura 2.** Inequigranularidad en una muestra de granito. (Ancochea; 2013).

## **F) FORMA DE LOS CRISTALES**

La descripción de las formas de los cristales que forman minerales está referido al mayor o menor desarrollo de caras cristalográficas.

- a) Euhedrales.** Cuando los minerales presentan varias caras que facilitan su determinación dentro del sistema cristalográfico.
- b) Subhedrales.** Cuando los cristales solo muestran algunas caras.
- c) Anhedrales.** Cuando los minerales no presentan caras.

## **G) RELACIONES MUTUAS ENTRE LOS CRISTALES**

El término está referido a la mayor o menor cantidad porcentual de las diferentes formas de los cristales, pudiendo ser los siguientes.

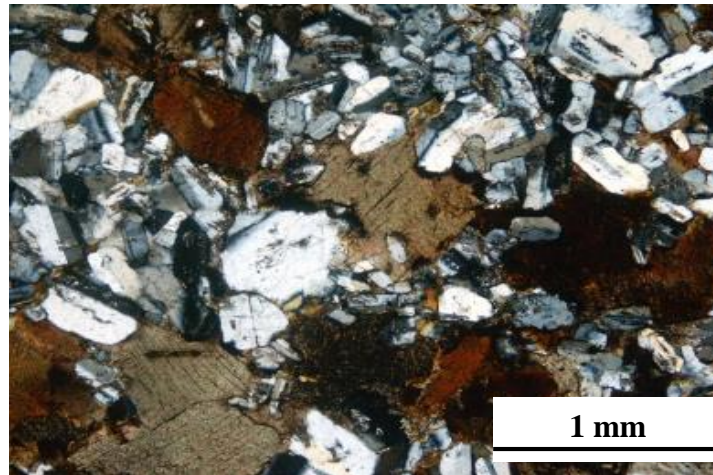
- a) Panidiomórficas.** Rocas en las que más del 50% de sus minerales son cristales euhedrales.
- b) Hipidiomórficas.** Cuando las rocas presentan más del 50% de cristales subhedrales.
- c) Alotriomórficas.** Cuando las rocas se componen de más del 50% de cristales anhedrales. (Huang; 1968).

## **2.2.4 TEXTURAS Y ESTRUCTURAS DE LAS ROCAS INTRUSIVAS**

### **A) TEXTURAS DE LAS ROCAS INTRUSIVAS**

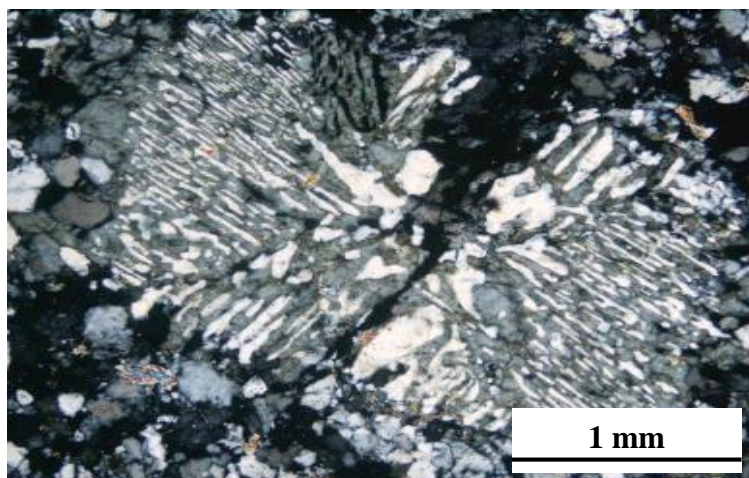
(Bayly; 1972) reconoce 7 tipos de texturas las cuales son:

a) Textura granular. Es la más común de las texturas de las rocas intrusivas o plutónicas. Las rocas presentan cristales de diversos tamaños que han crecido unos entre otros. Las variedades que se presentan en este tipo de texturas son granular granítica y granular gabroica. Una textura es granular granítica cuando sus componentes son de colores claros, con presencia de cuarzo, es granular gabroica cuando son de color oscuro y sin cuarzo.



**Figura 3.** Muestra de la textura granular de una tonalita. (Ancochea; 2013).

b) Textura Pegmatítica. Este de tipo de textura, determina rocas en las que las condiciones de enfriamiento paulatino y alimentación constante permitió el crecimiento de cristales de feldespatos alcalinos, micas y cuarzo que pueden llegar a ser enormes. El magma formado fue alcalino.



**Figura 4.** Muestra de la textura pegmatítica de un granito. (Ancochea; 2013).

- c) **Textura Gráfica.** Es un tipo de textura pegmatítica, en ella se aprecian cristales de feldespato, que fueron agrietados y rellenados por cuarzo, con aspecto de escritura jeroglífica o cuneiforme. Tipifica magmas alcalinos que fueron perturbados por soluciones hidrotermales cargadas de sílice.
- d) **Textura Miarolítica.** Se distinguen pequeñas cavidades angulares dentro de la masa holocristalizada. Desde el interior de estas cavidades emergen cristales aciculares de minerales alcalinos, de turmalina y cuarzo. Caracteriza a magmas de cualquier tipo, perturbados por soluciones líquidas o gases calientes.
- e) **Textura Porfírica.** Es una textura similar a la de las rocas volcánicas en lo referente a la presencia de fenocristales. En este caso los fenocristales se encuentran en la masa holocristalizada de cristales más pequeños.



**Figura 5.** Muestra de la textura porfírica de un granito. (Ancochea; 2013).

- f) **Textura Aplítica o Sacaroidea.** Las rocas que presentan esta textura, deben haberse formado bajo condiciones de enfriamiento relativamente rápido, aunque siempre bajo la superficie. Se aprecia una masa fanerítica de cristales de color claro. Cuarzo, micas y feldespatos, el magma formador fue ácido-alcalino.
- g) **Textura Lamprofírica.** Caracteriza a rocas máficas (básicas). Se asemeja a la textura pegmatítica (por el tamaño de los cristales), pero los minerales son básicos especialmente de augita y plagioclasa cálcica.

## **B) ESTRUCTURA DE LAS ROCAS INTRUSIVAS**

(Bayly; 1972) menciona 5 tipos de estructuras, las cuales son:

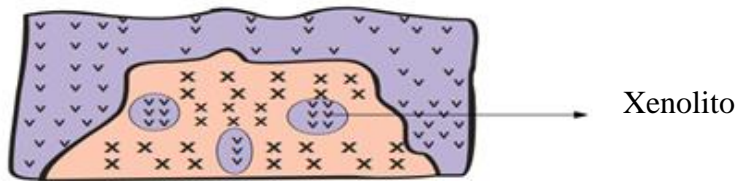


a) Estructura Gnéisica. Se presenta en los bordes de plutones (cuerpos intrusivos). Es una especie de metamorfismo incipiente. Los minerales componentes de la roca plutónica se encuentran alineados u ordenados en bandas o fajas se presume que el magma que origina esta estructura fue muy caliente y de enfriamiento lento.



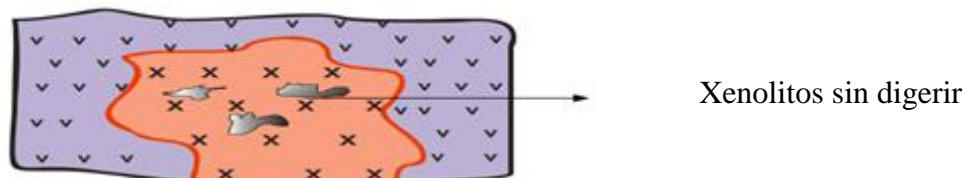
**Figura 6.** Esquema de una estructura gnéisica. (Peñaranda; 2010).

b) Estructura Xenolítica. Esta estructura se habría formado por avance del magma sobre la roca regional – fría. El magma habría engullido pedazos de la roca regional, consolidando casi directamente. Se distinguen fragmentos de la roca caja, empotrados en otro tipo de roca (formado por el magma enfriado). La textura y la composición son diferentes.



**Figura 7.** Esquema de una estructura xenolítica. (Peñaranda; 2010).

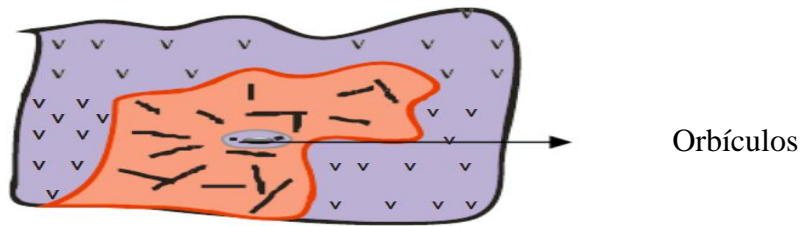
c) Estructura Schelierica. Son manchas difusas dentro de algunos cuerpos intrusivos, que proceden de la asimilación casi completa de la roca encajonante, por el magma intruyente. Son los Xenolitos que cayeron pero que fueron casi completamente asimilados.



**Figura 8.** Esquema de una estructura schelierica. (Peñaranda; 2010).

d) Estructura Orbicular. Se aprecian orbículos que son fragmentos irregulares de composición y textura que varía concéntrica mente. El fenómeno se debe a que los

fragmentos que cayeron dentro del magma, en las últimas fases de enfriamiento se alteran poco a poco.



**Figura 9.** Esquema de una estructura orbicular. (Peñaranda; 2010).

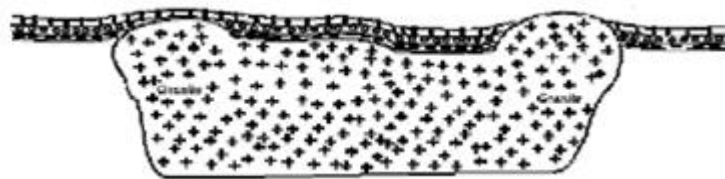
e) Estructura Esquialítica. Este fenómeno ocurre hacia los bordes de los plutones debido a un magma muy caliente o a una roca regional muy resistente a la temperatura el magma intruyente deja un borde vítreo a lo largo del contacto. Llamado esquialítico, que tiene aspecto córneo.

### 2.2.5 CUERPOS INTRUSIVOS

Las rocas plutónicas e intrusivas se presentan en diferentes cuerpos que pueden apreciar en superficie, debido a que los agentes erosivos destruyeron y transportaron los materiales que los cubrían. (Huang; 1968) las clasifica de la siguiente manera.

#### A) BATOLITOS

Son gigantescas masas intrusivas que presentan superficies superiores a 100Km<sup>2</sup>.



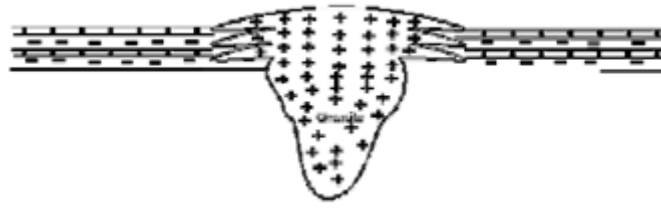
**Figura 10.** Esquema de la forma de un batolito. (Huang; 1968).

#### B) TRONCOS

Son cuerpos plutónicos de raíz circular que presenta en superficie afloramientos menores a 100Km<sup>2</sup>. pueden llegar a ser muy pequeños. O comúnmente se les llamas stocks.

#### C) LACOLITOS

Son plutones con forma de hongo que se formaron como producto de una inyección magmática primero como dique luego como un sill, tal como se explica en el gráfico.



**Figura 11.** Esquema de un lacolito. (Huang; 1968).

#### **D) SILL**

Son diques que se emplazaron dentro de los planos de estratificación de rocas sedimentarias, a las que intruyeron.

### **2.2.6 CLASIFICACIÓN DE LAS ROCAS IGNEAS**

#### **A) CLASIFICACIÓN CONSIDERANDO EL CONTENIDO DE SILICE**

Mediante esta clasificación se tipifican a las rocas en cuatro agrupaciones, de acuerdo al mayor o menor contenido de sílice, denominándose a las rocas de la siguiente manera:

- a) Rocas Ácidas. Son aquellas en las que el contenido de sílice es mayor del 66% (debe entenderse que no se trata de cuarzo).
- b) Rocas Intermedias. Son aquellas en las que el contenido de sílice esta entre 66 a 52%.
- c) Rocas Máficas. Son aquellas cuyo contenido de sílice esta entre 52 a 45%.
- d) Rocas Ultramáficas. Son aquellas en las que el contenido de sílice es menor a 45%.

Las rocas ácidas además de contener alto porcentaje de sílice, tiene por lo general un alto contenido de álcalis (componentes que tienen en su composición Na, K, Li y otros del mismo grupo). Las rocas máficas presentan un alto contenido de minerales básicos siendo de color generalmente oscuro. (Bayly; 1972).

#### **B) CLASIFICACIÓN BASADA EN LA OCURRENCIA GEOLÓGICA Y TEXTURA**

Este tipo de clasificación se sustenta en la textura de las rocas en la información que recibe de estas, sobre la calidad del magma, sobre las condiciones fisicoquímicas del mismo sobre las perturbaciones y otros así mismo se basa en la forma como ocurren las rocas ígneas en la naturaleza. (Bayly; 1972) las clasifica de la siguiente manera:

- a) Rocas Plutónicas. Son aquellas que se formaron a partir del magma que se enfriaron a profundidades considerables respecto a la superficie terrestre, son rocas de textura

granular holocristalina. Los minerales son cristales en su totalidad pudiendo ser muy grandes. Algunos consideran a estas rocas como intrusivas.

- b) Rocas Hipabisales.** Es un término utilizado por algunos autores, para señalar rocas que se formaron a partir de magmas que se enfriaron ligeramente cerca de la superficie. La textura característica de estas rocas es la porfírica en masa de cristales pequeños. Algunos autores conocen a esta clase de rocas como dique.
- c) Rocas Hipovolcánicas.** Es un término propuesto para rocas volcánicas que no lograron aflorar en superficie como lavas consolidadas pero que tienen presencia de vidrio volcánico en su constitución. Su principal textura es la porfírica en masa afanítica o vítrea. Podría denominarse a estas rocas como dique.
- d) Rocas Volcánicas.** Son rocas formadas por lavas que se consolidaron sobre la superficie y formaron aparatos volcánicos. Las principales texturas de estas rocas son la afanítica y la microlítica. Estas rocas se conocen también como extrusivas.

### **C) CLASIFICACIÓN BASADA EN LA COMPOSICIÓN MINERALÓGICA**

- a) Ácidas.** Las que mineralógicamente presentan un porcentaje mayor al 10% de cuarzo, también hay plagioclasa sódica y ortoclasa.
- b) Intermedias.** Aquellas en las que el cuarzo se encuentra en un porcentaje inferior al 10%. También hay plagioclasas y ortoclasas.
- c) Máficas.** En las que no hay cuarzo. Presentan un fuerte porcentaje de plagioclasas cálcicas y ferromagnesianos.
- d) Ultramáficas.** Las que nunca presentan cuarzo y se hallan integradas especialmente por minerales ferromagnesianos (augita, hornblenda, olivino).
- e) Alcalinas.** Aquellas que resultan de magmas especiales ricos en feldespatos alcalinos y feldespatoides, el contenido de cuarzo es menor del 10% o no lo hay.

Para denominar las rocas piroclásticas y a los vidrios volcánicos, se usa la misma clasificación de las rocas extrusivas de acuerdo al contenido mineralógico que pueden representar: por ejemplo: toba andesítica, tufo riolítico, vidrio basáltico. (Bayly; 1972).

### **D) CLASIFICACIÓN BASADA POR EL GRADO DE CRISTALIZACIÓN**

- a) Holocristalinas.** (totalmente cristalizadas); rocas integradas por cristales únicamente. Son rocas plutónicas.
- b) Merocristalinas.** (parte cristal, parte vidrio); son rocas volcánicas de profundidad relativa.

c) Holovítrea. (casi todo vidrio); son rocas volcánicas de superficie. (Bayly; 1972).

## **2.2.7 DESCRIPCIÓN DE LAS ROCAS IGNEAS**

### **A) GRANITOS**

a) Definición y composición. Los granitos son rocas intrusivas, holocristalinas, faneríticas que se caracterizan por tener un porcentaje de cuarzo mayor al 10%, el feldespato alcalino es mucho mayor al feldespato plagioclasa.

Como minerales accesorios los granitos pueden presentar: Biotitas, muscovitas, hornblendas a veces augita, anfíboles alcalinos, piroxenos alcalinos. Se pueden distinguir microcristales de apatito, esfena, circón, rutilo (empotrados dentro de cuarzo). (Heinrich; 1972).

b) Variedades. Existen dos variedades de granitos: los alcalinos y los calcoalcalinos.

Granitos Alcalinos: Son los granitos de mayor ocurrencia generalmente presentan plagioclasa sódica, feldespato potásico, moscovita y/o biotita a veces hornblenda también piroxenos alcalinos y anfíboles alcalinos. El feldespato ortoclasa común es la microclina en granitos especialmente pegmatíticos. Pueden encontrarse pertitas y antipertitas también mirmequitas (englobamiento de cuarzo por feldespatos).

Granitos calcoalcalinos: Son menos ocurrentes que los granitos alcalinos. Se caracterizan por tener en su composición porcentajes significativos de hornblenda y a veces augita. El feldespato ortoclasa es el mismo que en los granitos alcalinos o Anortoclasa. La biotita es abundante rica en hierro, la moscovita no se encuentra, el feldespato plagioclasa común es la andesina. Este granito anómalo es producto de un magma con mayor porcentaje de minerales ferromagnesianos o más fluidos (máficos y poca agua).

c) Texturas. La textura en los grandes cuerpos es de grano medio a grueso, granular granítica, siendo microgranular en los diques, también aplítica (leucogranítica) o pegmatítica y porfirítica de acuerdo al enfriamiento y la composición.

d) Modo de ocurrencia. Los granitos se encuentran principalmente en grandes cuerpos intrusivos como batolitos, diques, stocks. En batolitos se encuentran asociados

principalmente a granodioritas, sienitas, adamelitas, con caracteres texturales diferentes a los stocks y diques, en estos últimos la composición es homogénea.



**Figura 12.** Muestra de granito equigranular. España. (Ancochea; 2013).

## **B) RIOLITAS**

**a) Definición y composición.** Son rocas microcristalinas o de matriz afanítica conteniendo vidrio. La composición es similar a la del granito, por lo que se le dice que es su equivalente volcánico extrusiva.

Para la determinación de una riolita es necesario el uso de la micropetrografía, no obstante, es posible lograr una determinación aproximada describiendo y tomando el porcentaje de los cristales que se puedan distinguir.

En una riolita necesariamente puede distinguirse cristales de cuarzo, ortoclasa y plagioclasa (porque cristalizan al último). La ortoclasa generalmente es la Sanidina y a veces la ortosa, pueden ocurrir los dos minerales al mismo tiempo, además se encuentran como microlitos en la pasta.

Algunos ejemplos de composición riolítica son:

**b) Variedades.** Al igual que en los granitos, existen dos variedades, las riolitas alcalinas y las calcoalcalinas, con las mismas características de composición.

**c) Texturas.** Las texturas de las riolitas pueden ser comúnmente traquítica (fluidal), porfirítica, microlítica (afanítica con microlitos), esferolítica y perlítica.

**d) Modo de ocurrencia.** Las rocas de este tipo, pueden presentarse junto a otras rocas extrusivas en coladas y en otras estructuras volcánicas. (Heinrich; 1972).



**Figura 13.** Muestra riolita con matriz afanítica. España. (Ancochea; 2013).

### **C) ADAMELITAS**

- a)** Definición y composición. Son rocas ácidas holocristalinas faneríticas con una composición mineralógica aproximada dentro de las características siguientes: Cuarzo mayor de 10%, ortoclasa en cantidad similar a la plagioclasa, además puede existir accesorios como la biotita, la moscovita y la hornblenda.

Las ortoclasas presentes en la adamelita son la ortosa y raras veces la microclina, las plagioclasas son de tendencia sódica (oligoclasa y raras veces la andesina). Todos los feldespatos se presentan como cristales subhedrales, el cuarzo es alotriomorfo. Existen también pertitas y antipertitas.

- b)** Variedades. No se conocen variedades de adamelitas en lo referente a genética, pero si se pueden apreciar clases por el contenido de accesorios cuyos ejemplos importantes son: adamelita biotítica, adamelita hornblendica.
- c)** Texturas. La textura es granular granítica de grano medio. Puede presentarse la textura pegmatítica, pero no es frecuente.
- d)** Modo de ocurrencia. La adamelitas se encuentran asociadas a granitos, granodioritas y a veces a sienitas, en grandes cuerpos intrusivos (batolitos y stocks). (Heinrich; 1972).

### **D) CUARZO LATITAS O LATITAS DE CUARZO**

- a)** Definición y composición. Son rocas extrusivas o de matriz afanítica, que presentan una composición mineralógica similar a la adamelita, por lo que se le considerará su correspondiente extrusiva.

La siguiente composición mineralógica mostraría una cuarzo latita: Pasta afanítica 65%, cuarzo 5%, plagioclasa (Na) 15%, ortoclasa 5%, biotita 10% (la coloración parduzca de la masa señalaría dentro de ella, el cuarzo se presentaría de igual manera).

- b) Variedades.** No se conoce variedades producidas por el contenido de minerales accesorios.

Los fenocristales que se pueden distinguir son de plagioclasas, ortoclasas y cuarzo; además de pequeños cristales partidos de augita, de Hornblenda y laminillas de biotita. En la matriz se pueden apreciar microcristales o cristalitos de cuarzo y ortoclasa únicamente.

- c) Texturas.** Las Texturas que se presentan estas rocas son: Porfirítica y microlítica.

- d) Modo de ocurrencia.** Las cuarzo-latitas son rocas raras al igual que la mayoría de las rocas ácidas extrusivas, se presentan como masas irregulares dentro de derrames riolíticos y andesíticos. (Heinrich; 1972).

## **E) GRANODIORITAS**

- a) Definición y composición.** Son rocas intrusivas, holocristalinas, faneríticas, que se presentan con la siguiente composición mineralógica aproximadamente: Cuarzo mayor al 10%, plagioclasa mayor a ortoclasa. Puede existir además biotita, anfíboles y piroxenos.

La plagioclasa generalmente es la ologoclasa o andesina a veces presenta la labradorita, la ortoclasa está presente como ortosa, que generalmente es blanca. Existe también pertitas y antipertitas. El cuarzo es anhedral pudiendo presentarse feldespatoides, anfíboles alcalinos, piroxenos alcalinos y otros. Frecuentemente la granodiorita es ácido-alcalino, conteniendo augita, biotita, hornblenda.

- b) Variedades.** Se conoce dos variedades (alcalinas y calcoalcalinas); con características semejantes a las variedades del granito. Además, pueden conocerse por el contenido de accesorios: granodiorita augítica, y sus combinaciones.

- c) Texturas.** Las texturas que presentan estas rocas son las siguientes: Granular granítica de grano medio a grueso, aplitica (grano fino) y a veces porfirítica.



- d)** Modo de ocurrencia. Las granodioritas ocurren asociadas con otras rocas ácidas presentándose en batolitos, stocks, también pueden aparecer en diques y otros intrusivos. (Heinrich; 1972).



**Figura 14.** Muestra de granodiorita biotítica. España. (Ancochea; 2013).

## **F) RIODACITAS**

- a)** Definición y composición. Son rocas extrusivas merocristalinas o de matriz afanítica cuya composición mineralógica es similar a la granodiorita.

El cuarzo se puede distinguir como fenocristales al igual que las plagioclasas, además de paquetes de biotita. La ortosa está restringida a cristales de la matriz junto con el cuarzo.

- b)** Variedades. Por ser una roca poco ocurrente no se conocen variedades a excepción de la terminología derivadas de la mayor o menor cantidad de accesorios.

- c)** Textura. La textura que presenta estas rocas son: Porfíricas, microlíticas, perlíticas. Ocurren en cuerpos irregulares de derrames andesíticos y riolíticos.

- d)** Modo de ocurrencia. Estas rocas se presentan junto a riolitas y andesitas, en derrames lávicos. (Heinrich; 1972).

## **G) TONALITAS**

- a)** Definición y composición. Son rocas intrusivas, holocristalinas, especialmente faneríticas de colores bastante claros.

Las características fundamentales para que una roca se denomine tonalita son: Cuarzo mayor de 10% y el contenido de la plagioclasa sódica en muy alto porcentaje respecto a la ortosa y otras plagioclasas.

El cuarzo se presenta en contenidos mayores al 15%, la ortoclasa puede ocurrir en porcentajes muy bajos cerca al 5%, o no estar presentes; si esta, es la ortoclasa la que ocurre rara vez es la microclina, no existen plagioclasas cálcicas.

La plagioclasa que se presenta con frecuencia es la oligoclasa a veces la andesina, en algunas variedades pueden frecuentar la labradorita, pero en porcentajes mucho menores.

- b) Variedades.** No se conocen variedades de tonalitas, salvo las que pueden resultar de la variación de los pocos minerales accesorios que presenta.
- c) Texturas.** Por lo general las tonalitas son granulares de textura granítica y a veces porfirítica o aplítica.
- d) Modo de ocurrencia.** Se le puede encontrar con plutones pequeños integrados a grandes cuerpos intrusivos como relictos asociados a granodioritas, dioritas o directamente a batolitos en granitos. (Heinrich; 1972).

## **H) DACITAS**

- a) Definición y composición.** Son rocas extrusivas de matriz afanítica con una composición similar a la de las tonalitas, por lo que se le considera su equivalente extrusiva.

El cuarzo se encuentra como fenocristales o como cristalitos y microlitos en la matriz; la ortoclasa está representado por la sanidina, restringida solamente a la pasta como microlitos y en porcentaje exiguo.

Las plagioclasas que se pueden observar especialmente como fenocristales, son algo más cálcicas. La biotita se encuentra como laminillas dispersas en la pasta o como fragmentos muy pequeños mezclados con los microlitos. No se aprecian otros máficos, pero si hay huellas de estos minerales secundarios, como puede verse en la clorita.

Una roca que presenta 60% de masa afanítica, cuarzo 10%, plg (Na) 15%, hornblenda 15%, sería una dacita.

- b) Variedades.** No se conocen variedades de esta roca, salvo las correspondientes a la variación de minerales accesorios.
- c) Texturas.** La textura fundamentalmente porfirítica y a veces microlítica.

- d)** Modo de ocurrencia. Las dacitas ocurren asociadas a derrames andesíticos, especialmente a veces se encuentran cuerpos dacíticos en riolitas y riodacitas. (Heinrich; 1972).



**Figura 15.** Muestra de una dacita, nótese fenocristales de plagioclasa. España. (Ancochea; 2013).

## **I) MONZONITAS**

- a)** Definición y composición. Son rocas alcalinas faneríticas y holocristalinas que tienen una composición mineralógica similar a las adamelitas, pero sin cuarzo, es decir con contenido de ortoclasa similar a la plagioclasa. La ortoclasa es la microclina o la ortosa y los feldespatos plagioclasas son de carácter sódico (alcalino). Pueden existir minerales accesorios como la hornblenda y la biotita.
- b)** Variedades. Son las mismas o similares a las de las adamelitas.
- c)** Texturas. Las más frecuentes son la granular granítica o porfirítica.
- d)** Modo de Ocurrencia. No son rocas comunes, de existir se presentan en pequeños stocks y casi siempre asociados a cuerpos mineralizados. (Heinrich; 1972).

## **J) LATITAS**

- a)** Definición y composición. Son las correspondientes volcánicas de las monzonitas compuestas de masa afanítica en la que se puede reconocer escasos granos minerales de ortoclasa.

Las latitas presentan en su masa afanítica una presencia significativa de ort (15%), dejando como cristales pequeños un equivalente similar de plagioclasas (10%) adicionalmente puede presentar biotita, hornblenda, augita y otros.

- b)** Variedades. No se conocen variedades de esta roca.

- c) Texturas. Las más comunes son la microlita y la porfirítica.
- d) Modo de ocurrencia. Siendo rocas raras, solo es posible encontrarlas en derrames lávicos, junto con riolitas, traquitas y cuarzo latitas. (Heinrich; 1972).

## **K) SIENITAS**

- a) Definición y composición. Son rocas intrusivas, holocristalinas cuya composición mineralógica se caracteriza por el abundante porcentaje de ortoclasa y la carencia completa o absoluta del cuarzo. No obstante, puede que existan algunas sienitas cuarzosas cuando el porcentaje de este mineral alcanza órdenes comprendidos entre 10%.

Mineralógicamente el mineral que se presenta con mayor frecuencia superando a veces el 80% es la ortosa y la microclina y raras veces la anortoclasa.

El porcentaje de plagioclasa está restringido al 10% aproximadamente pudiendo darse el caso de que no exista, si la hubiera es oligoclasa.

Los máficos comunes son la biotita, la hornblenda, la augita y algunos anfíboles y piroxenos alcalino, dependiendo de la variedad.

- b) Variedades. De acuerdo a su composición mineralógica, las Sienitas pueden ser: Alcalinas (muy comunes) y calcoalcalinas (muy raras).

Otra variedad importante es la sienita nefelínica, que es una Sienita con feldespatoides, especialmente con alto contenido de nefelina.

- c) Texturas. Las más comunes son la granular granítica y porfirítica.
- d) Modo de ocurrencia. Son rocas no comunes, que aparecen en plutones pequeños o en estructuras pequeñas. (Heinrich; 1972).

## **L) TRAQUITAS**

- a) Definición y composición. Son rocas ígneas volcánicas o extrusivas, merocristalinas o de matriz afanítica, que tienen una composición muy similar a sus correspondientes plutónicas.

- b) Texturas. Casi todas las traquitas son porfiríticas y muchos casos presentan textura fluidal. Los cristales se presentan son de sanidina principalmente.

c) Variedades. La presencia de traquitas y de fonolitas (traquitas con feldespatoides especialmente nefelina) no es muy común.

d) Modo de ocurrencia. Se asocian a derrames riolíticos, en coladas. (Heinrich; 1972).



**Figura 16.** Muestra de una traquita, con una textura porfirítica. (Ancochea; 2013).

## M) DIORITAS

a) Definición y composición. Son rocas plutónicas holocristalinas fanerítica, carentes de cuarzo; la plagioclasa sódica es dominante con respecto a otros minerales principales. Esta roca puede contener biotita, hornblenda y augita, como minerales accesorios. La plagioclasa sódica puede ser la oligoclasa o la andesina y rara vez la albita.

b) Texturas. La textura común es la granular granítica, pudiendo presentarse la aplítica y la porfirítica.

c) Variedades. Las variedades están relacionadas con mayor o menor porcentaje de minerales accesorios y por la textura: diorita aplítica, diorita hornblendica.

d) Modo de ocurrencia. Estas rocas pueden encontrarse en batolitos, asociados a rocas alcalinas y ácidas, en stocks, diques y otros. (Heinrich; 1972).



**Figura 17.** Muestra de diorita con fenocristales de hornblenda y plagioclasa. España. (Ancochea; 2013).

## **N) ANDESITAS**

- a) Definición y composición.** Son rocas volcánicas cristalinas o de matriz afanítica con una composición química y mineralógica muy similar a las dioritas, es por eso que se le considera su equivalente volcánico.
- b) Texturas.** Las texturas de la andesita son muy variables, pueden ser: microlítica, porfírica, escoracea o vesicular.
- c) Variedades.** Están relacionadas con el mayor o menor porcentaje de minerales accesorios y por las texturas. Ejemplo: andesita microlítica, andesita porfírica.
- d) Modo de ocurrencia.** Las andesitas se presentan asociadas a andesitas básicas, traquitas, dacitas, encontrándose en diques o coladas. (Heinrich; 1972).



**Figura 18.** Muestra de andesita con matriz afanítica. España. (Ancochea; 2013).

## **Ñ) GABROS**

- a) Definición y composición.** Con el nombre de clan ultramáfico, se conoce a un grupo de rocas holocristalinas muy oscuras (máficas), cuyo porcentaje de feldespato es la plagioclasa cálcica, la augita pasa a ser mineral principal, puede contener otros piroxenos y olivinos. Son rocas plutónicas (intrusivas).

Los gabros normales están compuestos de plagioclasa cálcica, especialmente Labradorita, también la bitownita y anortita y de augita (como mineral principal).

- b) Texturas.** La textura más común es la granular gabroica o lamprofírica (diabásica).
- c) Variedades.** Las variedades de gabros son las siguientes:

Noritas; Cuando el piroxeno presente es la hiperstena, en lugar de augita, el resto es la plagioclasa cálcica.

Troctolitas; cuando existe olivino en un buen porcentaje.

Anortositas; Cuando la plagioclasa cálcica asciende a un 80 o 90%, el resto es piroxeno.

Diabasas; Son gabros de textura lamprofirica.

El cuarzo, la biotita y la hornblenda, puede presentarse en porcentajes algo significativos, formando gabros raros; gabros cuarzosos (hasta 5%), gabro hornblendítico, gabro biotítico.

**d) Modo de Ocurrencia.** Los gabros y las rocas afines, se presentan en sills, diques grandes, stocks, batolitos y otras formas. (Heinrich; 1972).



**Figura 19.** Muestra de un gabro con textura granular. España. (Ancochea; 2013).

## **O) BASALTOS Y ROCAS A FINES**

**a) Definición y composición.** Son rocas ígneas volcánicas (extrusivas), merocrystalinas u holohialinas, de carácter máfico (básico) con composición muy similar a los gabros (sus correspondientes volcánicos). Los fenocristales que se presentan son plagioclasas cálcicas, augita, olivino y otros.

**b) Texturas.** La textura es porfirítica o microlítica y a veces vítrea, vesicular o amigdaloides. Los fenocristales que hay son plg (Ca), augita u olivino.

**c) Variedades.** Algunas clases de basaltos son:

Traquilitas; Basaltos vítreos.

Espilitas; Basaltos que contienen más del 10% de plg (Na).

Traquibasaltos; Basaltos con contenido de ort y feldespatoideos (>10%)

Existen también basaltos cuarzosos y olivínicos, los primeros formados por contaminación posible, debida a la excavación magmática, los segundos aparecen en derrames volcánicos submarinos.

**d) Modo de ocurrencia.** Los basaltos se presentan en coladas de lava o formando parte de aparatos volcánicos, asociados con andesita, andesita básicas y rara vez con traquitas. (Heinrich; 1972).



**Figura 20.** Muestra de una roca basáltica. España. (Ancochea; 2013).

## **P) EL CLAN ULTRAMAFICO**

**a) Definición y composición.** Con esta denominación se conoce a un conjunto de rocas intrusivas o plutónicas, que no tienen representantes volcánicos, salvo los basaltos muy básicos.

Las rocas plutónicas que conforman este clan contienen minerales muy básicos como la plagioclasa (Ca), olivino, piroxeno. Son rocas hipermelánicas (muy oscuras).

**b) Texturas.** Las texturas características son la granular y la lamproffrica.

**c) Variedades.** Las principales variedades son:

Peridotitos; Contienen hornblenda, augita, piroxeno y olivino.

Dunitas; Rocas monominerálicas, que contienen principalmente olivino y minerales accesorios (piroxeno, magnetita, illmenita).



Piroxenitas; Rocas monominerálicas que se componen de más de 90% de augita y otros piroxenos.

Hornblenditas; Rocas monominerálicas compuesta de más de 90% de hornblenda.

Serpentinitas; Rocas monominerálicas compuestas de más de 90% de serpentina.

**d) Modo de ocurrencia.** Las rocas ultramáficas se presentan en las partes más profundas de sills, lopolitos y stocks. (Heinrich; 1972).

## 2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

**Petrología:** Rama de la geología que estudia las rocas desde diversos puntos de vista, que abarca a todos los tipos de rocas. (Rivera; 2005).

**Petrografía:** Se ocupa de los aspectos descriptivos de las rocas, tales como la forma, estructuras, texturas, composición y clasificación. (Rivera; 2005).

**Petrogénesis:** Se ocupa de un estudio del origen de las rocas y los diversos factores que las generaron. (Rivera; 2005).

**Petrología Ígnea:** La petrología ígnea, como su nombre lo indica, estudia aquellas rocas formadas, o que se supone se formaron a partir de la consolidación de un magma, sea en la superficie (rocas extrusivas o volcánicas), o en el interior de la tierra (rocas intrusivas o plutónicas). (Rivera; 2005).

**Petrología Sedimentaria:** Parte de la petrología que estudia las rocas sedimentarias y estudia los procesos que conducen a la formación de dichas rocas (erosión, transporte, sedimentación y diagénesis). Además de características mineralógicas, texturales y estructurales. (Rivera; 2005).

**Petrología Metamórfica:** Estudia las rocas ígneas o sedimentarias que han sufrido modificaciones de diversa naturaleza debido a estar bajo condiciones ambientales (presión, temperatura, fluidos coexistentes, regímenes de esfuerzos), distintas de aquellas en las que fueron originadas. (Rivera; 2005).

**Mineralogía:** Rama de la geología que estudia la forma, propiedades, composición, yacimientos y génesis de los minerales. Abarca el estudio de las cualidades de la materia cristalina (cristalografía). (Rivera; 2005).

**Mineral:** se denomina mineral, a toda sustancia sólida, inorgánica, natural, que posee una estructura interna característica por la disposición ordenada de sus átomos, con una composición química definida y propiedades físicas uniformes. (Rivera; 2005).

**Cristalografía:** estudia los cristales, que son sólidos poliédricos naturales que tienen una estructura molecular definida y están limitados por caras planas cristalinas de forma y tamaño determinado para una sustancia química. (Rivera; 2005).

**Intrusivo:** Es un cuerpo de roca ígnea intrusiva de cualquier forma y tamaño que difiere en composición y en sus relaciones con las rocas que los incluyen. Suelen cristalizar a grandes profundidades dentro de la corteza terrestre.

Se los puede clasificar de distintas maneras: por su contacto con la roca encajonante (concordantes y discordantes), por su forma de presentación: tabulares (sill y diques) y masivos (lopolitos, facolitos, lacolitos, stock, batolitos y aguja volcánica). (Rivera; 2005).

**Ocurrencia Mineral:** Es una concentración anómala de un mineral que se considera valiosa por alguien en alguna parte o que es de interés científico o técnico. (Rivera; 2005).

**Yacimiento Mineral:** Es la concentración o acumulación de elementos o sustancias minerales útiles en la corteza terrestre, de manera tal que pueden ser explotadas económicamente. (Rivera; 2005).

## **CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1 UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA**

La zona de estudio se encuentra ubicada en la sierra norte del Perú, en el departamento de Cajamarca, provincia de Cajamarca, distrito de Asunción, Centro Poblado de Sapúc; la cual se encuentra dentro de la carta nacional de Cajamarca (15-f). El área de estudio se ve influenciada por otros tres Centros Poblados que se encuentran cerca al cerro Colloadar y Copán, que son Vista Alegre, Huatún y Pichiani.

La posición geográfica queda delimitada por las siguientes coordenadas UTM (Datum WGS - 84).

**Tabla 1.** Coordenadas UTM, de la zona de estudio.

<b>VÉRTICE</b>	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>
1	769000	9187000
2	769000	9185000
3	771000	9187000
4	771000	9185000



**Figura 21.** Vista satelital de la zona de estudio. (Google Earth; 2016).

### 3.1.2 UBICACIÓN POLÍTICA

Políticamente pertenece al distrito de la Asunción, de la provincia de Cajamarca, del departamento de Cajamarca.

### 3.1.3 ACCESIBILIDAD

El acceso a la zona de estudio se realizará por vía terrestre, mediante la ruta indicada en el cuadro siguiente:

**Tabla 2.** Accesibilidad a la zona de estudio.

TRAMO	ACCESO	DISTANCIA (Km)	TIEMPO (Minutos)
Cajamarca Asunción	Carretera Asfaltada	65	90
Asunción Sapuc	Carretera Afirmada	10	30
Sapuc Cerro Colloadar Cerro Copán	Camino de Herradura	4	90

#### A) RELIEVE

El relieve en la zona de estudio se caracteriza por ser muy accidentado, ya que se localiza entre alturas de 2800 y 3100 m.s.n.m. Los rasgos geográficos del área corresponden íntegramente a la cordillera occidental.

En la zona de estudio nos encontramos con un relieve que se caracteriza por tener pendientes medias a empinadas, por pequeñas quebradas, estas quebradas están relacionadas con las unidades geomorfológicas.

**Tabla 3.** Clasificación de pendientes.

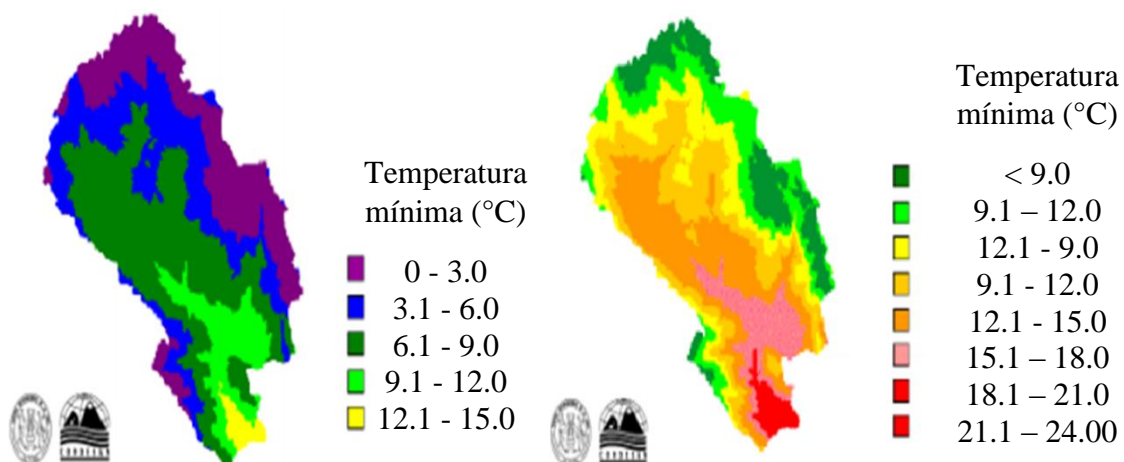
PENDIENTES (°)	TIPO
0 - 15	Muy baja
15 - 30	Moderada
30 - 45	Moderada – Alta
45 - 60	Alta
60 - 90	Muy alta

**Fuente:** (Borkoski; 1994).

## B) CLIMA

El clima en la región presenta dos estaciones características durante el año, una de diciembre a marzo que es lluviosa y otra de abril a noviembre que es seca, dichas estaciones varían en algunos transcurso de tiempo.

La zona presenta un clima templado y sub-húmedo, con una temperatura que oscila entre los 5°C y 25°C. En la zona se presenta precipitaciones pluviales que registran las máximas descargas en las épocas de lluvia; así la estación meteorológica registra una media anual de 1,283mm. (SENAMHI; 2016.)



**Figura 22.** Mapas de las temperaturas mínimas y máximas (promedio anual) en la cuenca de Cajamarca. (Fuente: SENAMHI; 2016).

### C) VEGETACIÓN

En la zona de estudio se encuentran en mayor cantidad eucaliptos, así como también pino, taya, chirimoya, ichu, alisos, pastizales, gramíneas, además de vegetación de cultivos como las hortalizas, maíz, tubérculos.

También encontramos pastos naturales, cactus y arbustos que generalmente se encuentran en las areniscas de los diferentes afloramientos.



**Figura 23.** Vegetación típica de eucalipto y espino

(9186014 N, 783874 E, 3020 m.s.n.m. Centro Poblado de Sapuc)

### D) HIDROLOGÍA

La zona de estudio se encuentra en la cuenca del río Jequetepeque, específicamente en la sub cuenca Alta del río Jequetepeque.

Se observa en la ladera del cerro Copán y Colloadar pequeños afluentes que desembocan al río Sapuc, que presenta permanente escorrentía durante todo el año.



**Figura 24.** Afluentes de agua presentes en el cerro Copán.

### **3.2 PROCEDIMIENTO DE RECOPIACIÓN DE DATOS**

La presente tesis fue desarrollada durante los meses de agosto del 2016 a mayo del 2017 del presente año y se dividió en tres etapas.

#### **A) ETAPA PRELIMINAR DE GABINETE**

Inicialmente se eligió la zona donde se realizará este estudio, que está ubicada en las proximidades al Centro Poblado de Sapúc, en el distrito de la Asunción; en donde se observó afloramientos de la Formación Farrat, Carhuaz, Inca, Chulec, Pariatambo y Yumagual. En las cuales se encuentra un intrusivo Cuarzodiorítico. Por las características interesantes, se consideró realizar esta investigación.

Posteriormente se realizó la compilación bibliográfica de toda la información existente. Se hizo una revisión minuciosa sobre las técnicas que se aplicaron para el desarrollo del estudio petro – mineralógico.

También se realizó la consecución de los planos topográficos y geológicos a escala 1/100,000 del cuadrángulo de Cajamarca publicado por el INGEMMET.

Luego se determinó los instrumentos que se utilizaron; así como también la metodología a seguir para la realización de la investigación.

Finalmente se procedió a analizar la información obtenida con el fin de ordenar, diseñar, procesar e interpretar los datos.

#### **B) ETAPA DE CAMPO**

En esta etapa se realizó la delimitación del área de investigación, teniendo en cuenta la factibilidad para la recolección de datos necesarios para el desarrollo de la investigación.

Se procedió hacer un reconocimiento general del área de estudio, para luego realizar un análisis de la petrología local.

Se midió rumbo y buzamiento de los estratos, se tomó las coordenadas con el GPS Navegatorio en el sistema UTM. Datum: WGS 84.

Se identificó las zonas de contacto entre el intrusivo y la roca calcárea, también un yacimiento Stockwork en el intrusivo, donde se encontró indicios mineralización. Del cual

se recolectó muestras etiquetándolas con números y registrando su ubicación con el GPS para el posterior estudio en gabinete.

### **C) ETAPA DE GABINETE**

Se realizó el procesamiento de la información obtenida en campo, también la descripción cualitativa de las muestras obtenidas.

Posteriormente se realizó una descripción macroscópica y microscópica de las muestras. Se observó los tipos de minerales existente, sus respectivas alteraciones y se determinó la ocurrencia de mineralización.

El procesamiento de los datos obtenidos en campo, se realizó con el software ArcGis 10.2 (para realizar los diversos planos de los sectores de estudio).

Finalmente, con todos los datos obtenidos se redactó el final de la tesis, para la presentación y sustentación de la misma

### **3.3.1 METODOLOGÍA**

#### **A) TIPO Y MÉTODO DE INVESTIGACIÓN**

El presente estudio reúne las condiciones metodológicas de una investigación descriptiva, con un diseño no experimental de sección transversal.

- a) Descriptiva**, porque describirán situaciones evaluando diversos aspectos tanto en el campo (litología, tipos de roca, minerales, alteración y contacto) como en laboratorio (descripción petrográfica y mineralográfica).
- b) De sección transversal en el tiempo**, porque se realizó en un determinado periodo de tiempo (de agosto del 2016 a mayo del 2017).

#### **B) ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS POR OBJETIVO**

##### **a) Estudio Petrológico**

Se realizó el estudio petrológico de las rocas que afloran en la zona de estudio, analizando y describiendo las características principales de cada roca, de manera macroscópica y microscópica con el microscopio Olympus BHT.



Se identificó rocas sedimentarias del Cretácico Superior e Inferior, correspondientes a las Formaciones Farrat, Chúlec, Pariatambo y Yumagual, que están afectadas por un intrusivo tipo granodiorítico - cuarzodiorítico.

#### **b) Estudio Mineralógico**

El estudio mineralógico se realizó de manera macroscópica y microscópica en las muestras del contacto entre la roca sedimentaria y el intrusivo. Pueden observarse a simple vista minerales en su mayoría sulfuros de hierro, plomo y arsénico y rellenando fracturas, pirrotina, especularita, anfíbol, epidota, calcita.

#### **c) Yacimiento Mineral**

De acuerdo a la litología, estructuras, texturas, minerales, alteraciones, metasomatismo, brechas de ruptura. Se observa que, la mineralización se encuentra distribuida en dos tipos de depósitos: un yacimiento es tipo skarn o de metasomatismo de contacto y el otro es una brecha de ruptura que se generó por la presión del agua al evaporarse, en la ebullición de la parte acuosa del magma.

### **C) POBLACIÓN DE ESTUDIO.**

Afloramientos rocosos del intrusivo tipo granodiorítico – cuarzodiorítico, Formaciones Farrat, Chúlec, Pariatambo y Yumagual. En el Centro Poblado de Sapuc, distrito de la Asunción.

#### **D) MUESTRA**

El afloramiento de unidades litológicas en el Centro Poblado de Sapuc.

#### **E) UNIDAD DE ANÁLISIS**

Está constituida por muestras, descripción macroscópica y microscópica.

### **3.2.2 DEFINICIÓN DE VARIABLES**

La identificación y clasificación de las variables para la presente investigación son: variables independientes la litología y ocurrencia de mineralización. La variable dependiente el estudio petro - mineralógico.

### 3.2.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Las técnicas que se emplearán para la recolección de datos son: el análisis documental, la observación, la recolección de muestras y medición en campo.

Los Instrumentos son: ficha para cartografiado geológico, ficha para análisis de rocas ígneas y sedimentarias.

### 3.2.4 INSTRUMENTOS Y EQUIPO DE MEDICIÓN

Para la elaboración de la presente tesis se ha tomado en cuenta la aplicación de técnicas de observación, descripción e interpretación, a través de trabajos de campo, gabinete y laboratorio, así como el empleo de materiales y equipo, tales como.

**Tabla 4.** Equipos y materiales de campo.

- GPS Navegatorio	- Rayador de Dureza
- Brújula tipo Brunton	- Lupas (10x, 20x)
- Libreta de Campo	- Bolsas para Muestras
- Picota de Geólogo	- Lápices y Colores
- Plano Topográfico 1/5000	- Cámara Fotográfica Digital
- Protactor 1/5000	- Flexómetro de 5 mts.
- Ácido Clorhídrico (HCl)	- Lapicero Tinta Indeleble

## 3.3 GEOLOGÍA LOCAL

### 3.3.1 GRUPO GOYLLARISQUIZGA

#### A) FORMACIÓN FARRAT (Ki-fa)

Esta Formación representa el nivel superior de la parte clástica del Cretáceo Inferior. Consta de areniscas cuarzosas de grano grueso. Según (Benavides; 1956) fue depositada en un ambiente de transición, en un medio fluvio - deltaico. Tiene un espesor aproximado de 500m, aumentando en el sector sureste. Suprayace a la Formación Carhuaz y subyace a la

Formación Inca. En el área de investigación se encuentra buzando  $35^\circ$  al noroeste y representa el flanco del sinclinal volcado.



**Figura 25.** Estratos de arenisca cuarzosa pertenecientes a la Fm. Farrat.  
(9185170 N, 769146 E, 3010 m.s.n.m.)

### 3.3.2 GRUPO CRISNEJAS

#### A) FORMACIÓN CHÚLEC (Ki - Chu)

Está compuesta por una alternancia de calizas arenosas, margas y lutitas calcáreas, con presencia de fósiles como el amonite. Suprayace a la Formación Inca e Infrayace a la Formación Pariatambo. Presenta una coloración amarillenta debido al intemperismo. Su espesor varía de 200 a 250 m. Presenta un buzamiento de  $55^\circ$  al noroeste y representa el flanco del sinclinal volcado.



**Figura 26.** Calizas nodulares de color crema pertenecientes a la Fm. Chúlec.  
(9185196 N, 771289 E, 3020 m.s.n.m.)

## **B) FORMACIÓN PARIATAMBO (Ki-pa)**

Consiste de una alternancia de lutitas con lechos delgados de calizas bituminosas negruzcas, estratos calcáreos con nódulos de chert, con un característico olor fétido al fracturarlas debido a que se depositaron en un ambiente anóxico. Su espesor es de aproximadamente 200 m. Suprayace a la Formación Chúlec e Infrayace a la Formación Yumagual. Se encuentra con un buzamiento de 42° al noroeste y representa el eje del sinclinal volcado



**Figura 27.** Estratos delgados de caliza, que al fraccionarse presentan una coloración negruzca pertenecientes a la Fm. Pariatambo.

(9185935 N, 770567 E, 3020 m.s.n.m.)

### **3.3.3 GRUPO PULLUICANA**

#### **A) FORMACIÓN YUMAGUAL (Ks-yu)**

Consiste en una secuencia de estratos gruesos de calizas gris parduzcas intercaladas con margas. Tiene un grosor aproximado de 700 m. Suprayace a la Formación Pariatambo e infrayace a la Formación Mujarrún y Grupo Quilquiñán indivisos. Presenta un buzamiento de 35° al noroeste y al suroeste representa el eje del sinclinal volcado.



**Figura 28.** Estratos gruesos de caliza, con intercalaciones de lutitas amarillentas, pertenecientes a la Fm. Yumagual.

(9186122 N, 771157 E, 3000 m.s.n.m.)

### 3.3.4 ROCAS INTRUSIVAS

Generalmente son rocas de color gris blanquecino, equigranular, holocristalina. Según muestras tomadas en el cerro Colloadar y Copán, corresponden a granodiorita y cuarzodioritas. Estos intrusivos están relacionados con mineralización de Cu, Fe, Pb y Zn, como relleno de fracturas. Son cuerpos plutónicos menores donde cortan rocas Cretácicas.



**Figura 29.** Cuerpo intrusivo cuarzodiorítico.

(9185673 N, 769808 E, 3100 m.s.n.m.)

### 3.4 TRATAMIENTO, ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

#### 3.4.1 PETRO-MINERALOGÍA EN LA ZONA DE ESTUDIO

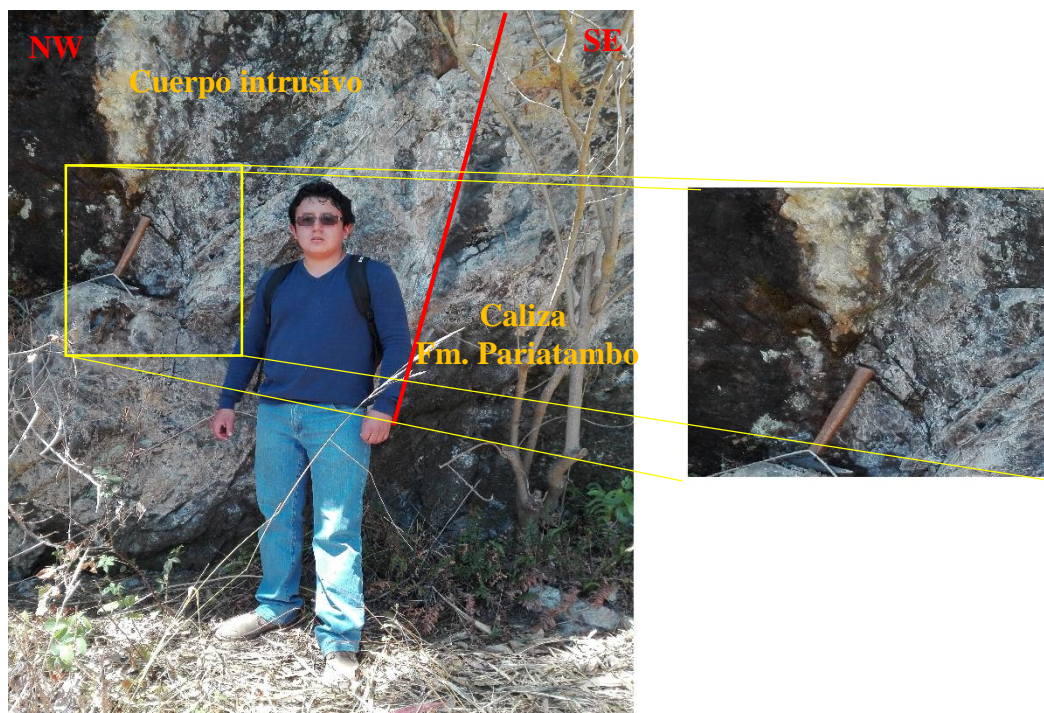
##### A) MUESTRA 01 – PÓRFIDO GRANODIORÍTICO.

###### a) Ubicación

**Tabla 5.** Ubicación de la muestra 01

MUESTRA N° 01	UBICACIÓN
Norte	9185935
Este	770567
Altura	3048

El lugar donde se obtuvo la muestra número 01, corresponde al contacto entre el intrusivo granodiorítico y la Formación Pariatambo. Generando una aureola metamórfica de contacto, verificada por la presencia fracturas en la roca caja, relacionadas a un origen térmico debido al rápido calentamiento y también se encontraron minerales calcosilicatados como anfíbol y epidota en la periferia del intrusivo.



**Figura 30.** Contacto entre el intrusivo y la caliza, se observa un fuerte fracturamiento en las calizas.

## b) Descripción macroscópica

La muestra numero 01 es del intrusivo próximo al contacto con la Formación Pariatambo, es una roca hipabisal compacta con textura porfirítica de color gris blanquecino con tonos parduscos; se observan fenocristales de plagioclasas, cuarzo, biotita y además anfíboles alterados a cloritas y óxidos de hierro; en una matriz afanítica de color gris claro. Se observa escases de fenocristales de plagioclasas bien desarrollados.

A simple vista se evidencia la alteración retrógrada que han sufrido debido a la circulación de aguas meteóricas causando dicha alteración.



**Figura 31.** Muestra de mano del intrusivo Granodiorítico.

## c) Descripción microscópica

Roca hipabisal con textura porfirítica. Se encuentran fenocristales de plagioclasas I, feldespatos potásicos I, cuarzo I, biotita y anfíboles; inmersos en una matriz microcristalina constituida por cuarzo II con plagioclasas II y feldespatos potásicos II en sus intersticios. Las plagioclasas y feldespatos potásicos son alterados incipientemente a sericita y arcillas. La biotita y anfíboles son alterados fuertemente por agregados de cloritas, carbonatos y óxidos de hierro. También minerales opacos como inclusiones en los fenocristales y diseminados en la matriz de la roca.

Se observan **plagioclasas** con dos diferentes granulometrías:

**Plagioclasas I (40%)** se encuentra como fenocristales subhedrales, con formas tabulares y tamaños menores a 7,2 mm. Presentan macla polisintética y zonación; en ocasiones como agregados; se presentan incipientemente alteradas a sericita, arcillas y epidota; con inclusiones de minerales opacos.

**Plagioclasas II (7%)** ocurren como microcristales subhedrales con formas tabulares y tamaños menores a 0,1 mm; maclados; se hallan incipientemente alterados a sericita y arcillas.

Se aprecia **cuarzo** con dos diferentes granulometrías:

**Cuarzo I (2%)** se muestra como fenocristales anhedrales, con formas irregulares y subredondeadas, con tamaños menores a 1,8 mm; con bordes ligeramente corroídos por el contacto con la matriz; con oquedades rellenas por arcillas.

**Cuarzo II (30%)** se observa como microcristales anhedrales con formas irregulares con tamaños menores a 0,07 mm; se encuentran en la matriz de la roca con plagioclasas II y feldespatos potásicos II en sus intersticios.

Se observan **feldespatos potásicos** con dos diferentes granulometrías:

**Feldespatos potásicos I (1%)** se hallan como fenocristales subhedrales con formas tabulares y tamaños menores a 2 mm; con macla de carlsbad; en ocasiones como agregados; se encuentran alterados incipientemente a sericita y arcillas.

**Feldespatos potásicos II (4%)** se presentan como pequeños cristales anhedrales y subhedrales; con formas irregulares y tabulares; con tamaños menores a 0,1 mm; se encuentran en intersticios de los microcristales de cuarzo II en la matriz de la roca; son alterados incipientemente a sericita y arcillas.

**Anfíboles (6%)** se aprecian como fenocristales con formas tabulares con tamaños menores 3,2 mm; algunos con corte basal hexagonal; se encuentran intensamente alterados por agregados de cloritas, carbonatos y óxidos de hierro; con inclusiones de minerales opacos.

**Biotita (4%)** se muestra como como cristales subhedrales con formas tabulares y tamaños menores a 8 mm; algunos fracturados; con inclusiones de minerales opacos; se encuentran alterados moderadamente a cloritas y óxidos de hierro a partir de los bordes y microfracturas.

**Sericita (Trazas)** ocurre como agregados microescamosos con tamaños menores a 0,02 mm; se aprecian alterando incipientemente a los fenocristales de plagioclasas I y feldespatos potásicos I; además en intersticios y como alteración de los pequeños cristales de plagioclasas II y feldespatos potásicos II.



**Arcillas (<1%)** se desarrollan como agregados criptocristalinos con tamaños menores a 0,005 mm; presentes como alteración incipiente de los fenocristales de plagioclasas I y feldespatos potásicos I; también alteran a los pequeños cristales de plagioclasas II y feldespatos potásicos II.

**Epidota (Trazas)** se aprecia como pequeños cristales anhedrales con formas irregulares y tamaños menores a 0,4 mm; en ocasiones como agregados; se encuentran como alteración incipiente de los fenocristales de plagioclasas I; además algunos cristales en intersticios de los microcristales de la matriz de la roca.

**Cloritas (3%)** se encuentran como agregados fibrosos con tamaños menores a 0,1 mm; ocurren alterando a la biotita desde los bordes y también alteran intensamente a los cristales de anfíboles acompañados de carbonatos y óxidos de hierro; también ocurren como agregados en intersticios de la matriz.

**Carbonatos (Trazas)** se hallan como cristales anhedrales con formas irregulares y tamaños menores a 0,2 mm; ocurren como alteración de los anfíboles acompañados de cloritas y óxidos de hierro; además se aprecian en intersticios de la matriz.

**Minerales opacos (< 1%)** se observan como cristales anhedrales con formas irregulares con tamaños menores a 0,6 mm; se muestran como inclusiones en los fenocristales de plagioclasas I, anfíboles y biotita; además se aprecian diseminados en la matriz de la roca.

**Óxidos de hierro (1%)** se exhiben como agregados terrosos y pulverulentos con tamaños menores a 0,005 mm; se encuentran como alteración de los cristales de anfíboles y biotita acompañados de cloritas y carbonatos.

**Textura:** Porfirítica.

**Alteraciones:** Cloritización y oxidación débil; argilización muy débil; sericitización, epidotización y carbonatación incipientes.

e) Clasificación según el diagrama de streckeisen

Según el estudio microscópico realizado tenemos estos porcentajes:

Se observan plagioclasas con dos granulometrías diferentes:

Plagioclasas I: **40%**, Plagioclasas II: **7%**

Se observa cuarzo con dos granulometrías diferentes:

Cuarzo I: 2%, Cuarzo II: 30%

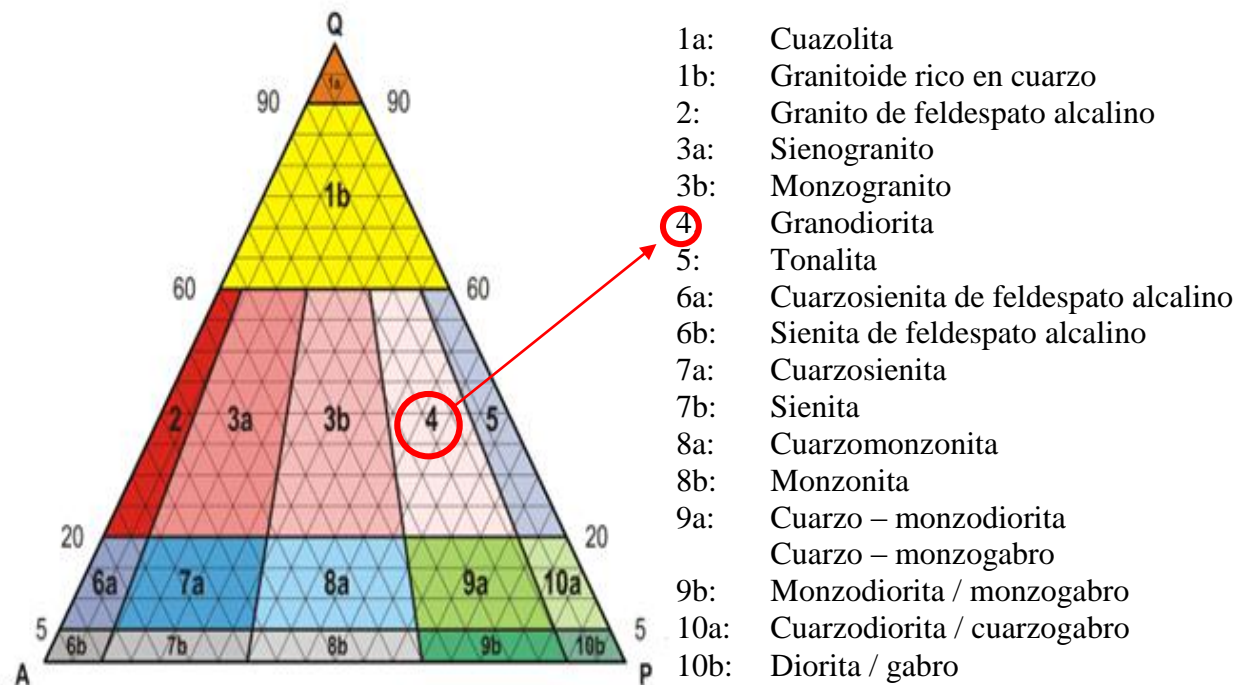
Se observa Feldespato potásico con dos granulometrías diferentes:

Feldespato potásico I: 1%, Feldespato potásico II: 4%

Además, se observa: Anfíbol: 6%, biotita: 4%, arcillas: 1%, Clorita: 3%, sericita, epidota, carbonatos, óxidos de hierro y minerales opacos

**Obtenemos el factor multiplicación      En general se obtiene estos porcentajes:**

84 x F = 100	Plagioclasas	: 47% x 1.19 =	55.93
F= 1.19	Cuarzo	: 32% x 1.19 =	38.08
	Feldespato potásico	: 5% x 1.19 =	5.95
		.....	
			84%



**Figura 32.** Clasificación de granodiorita según el diagrama de Streckeisen.

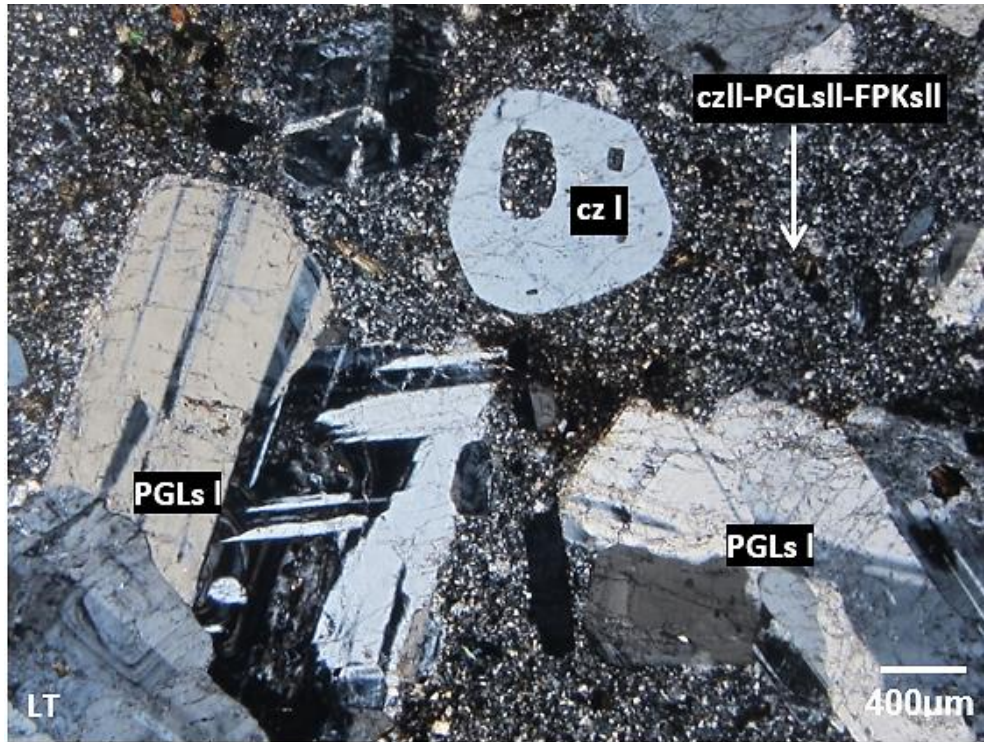


Figura 33. Fotomicrografía de fenocristales de plagioclasas I (PGLs I) y cuarzo I (cz I); inmersos en una matriz de microcristalina constituida por cuarzo II, plagioclasas II y feldespatos potásicos II (czII-PGLsII-FPKsII).

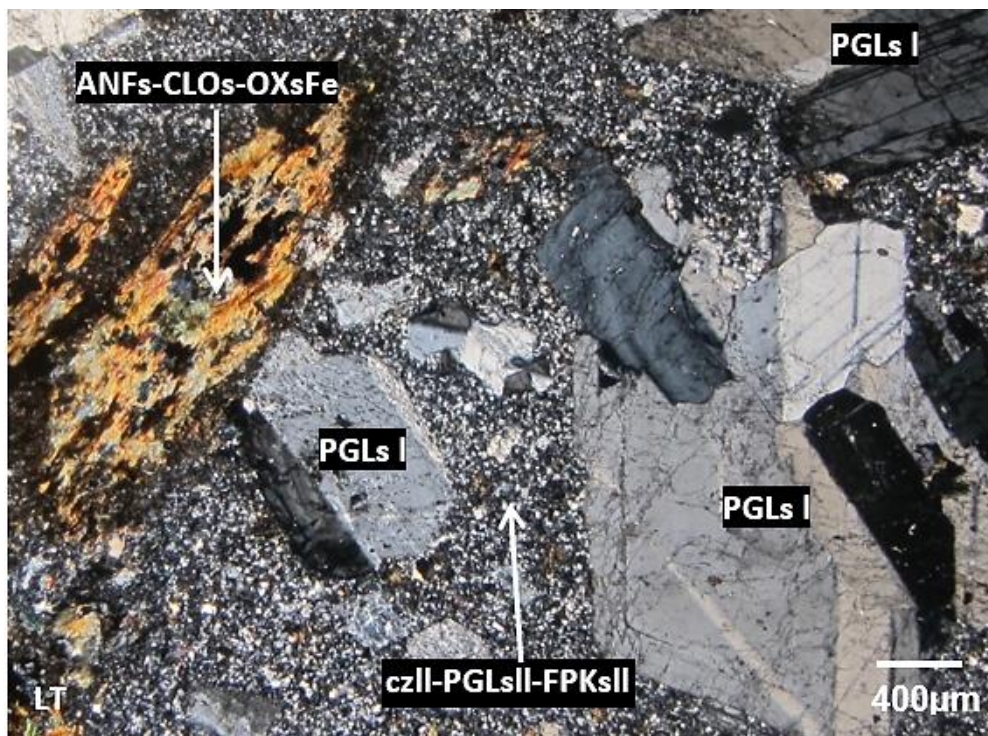
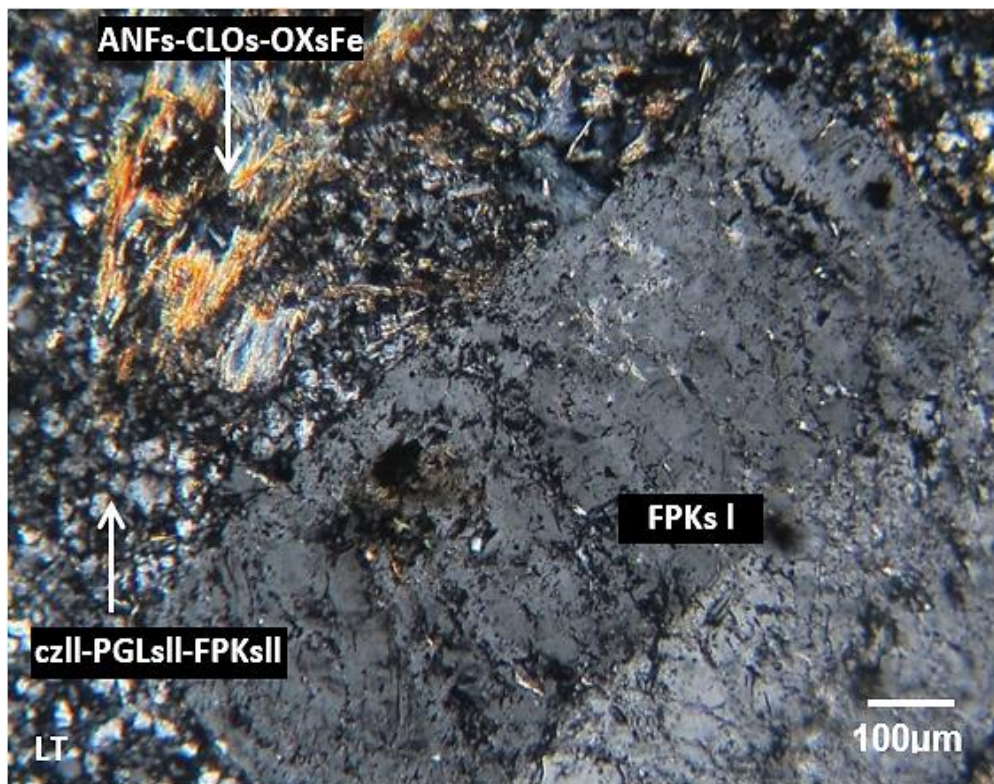


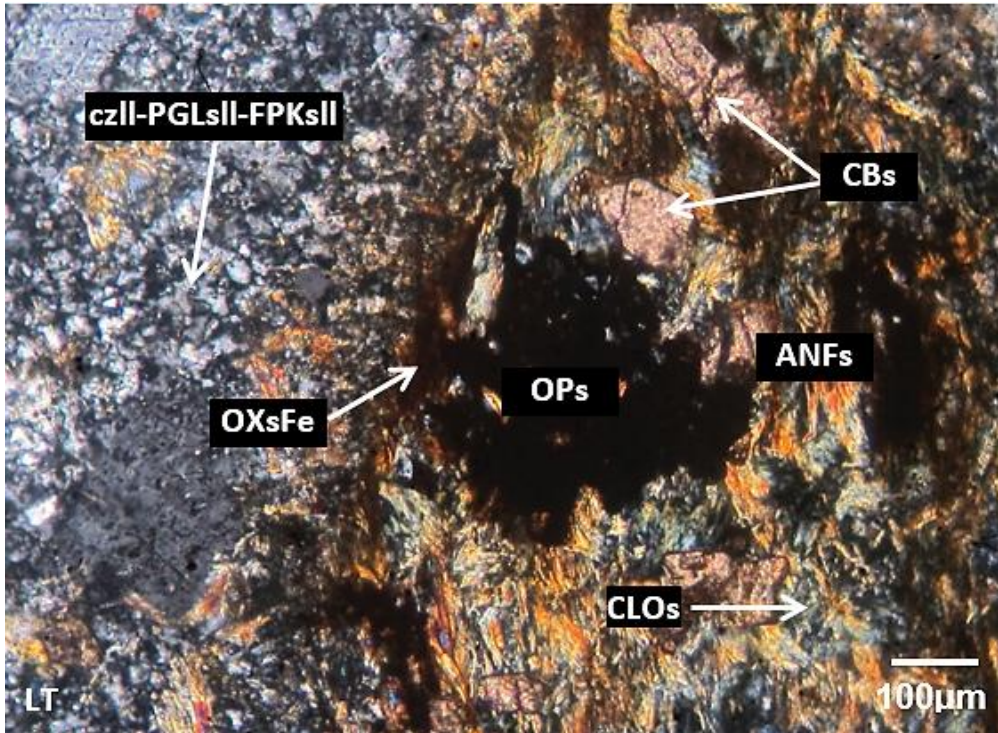
Figura 34. Fotomicrografía de fenocristales de plagioclasas I (PGLs I) y anfíboles alterados a cloritas y óxidos de hierro (ANFs-CLOs-OXsFe); en matriz microcristales de cuarzo II, plagioclasas II y feldespatos potásicos II (czII-PGLsII-FPKsII).



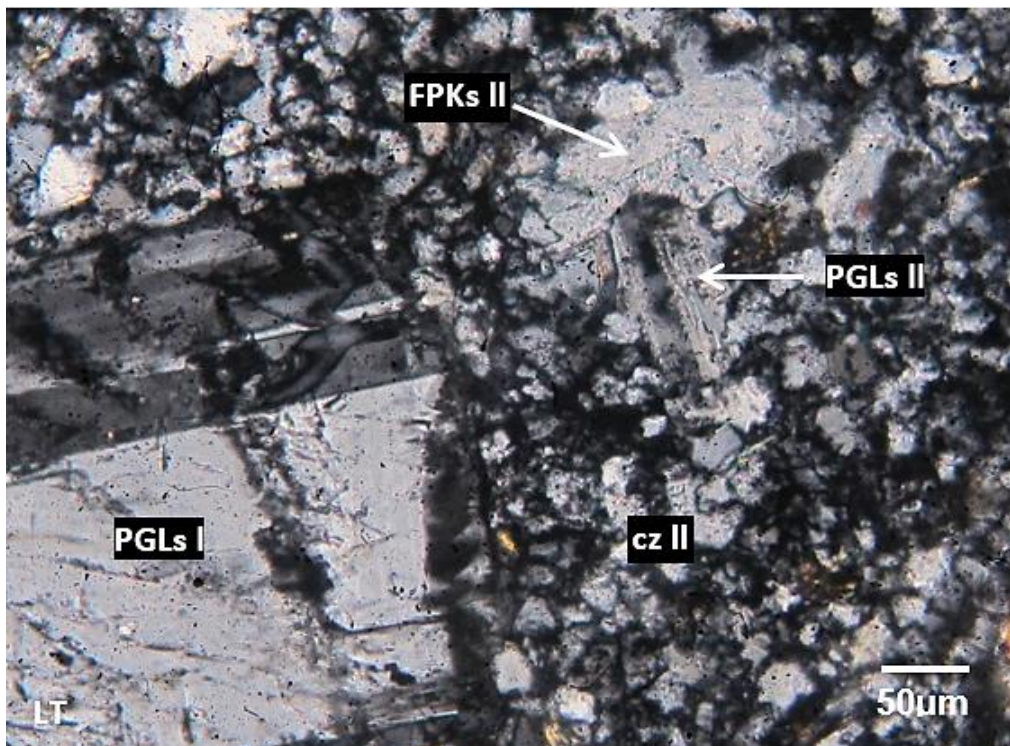
**Figura 35.** Fotomicrografía de fenocristales de plagioclasas I (PGLs I) y biotita alterada a cloritas y óxidos de hierro (bt-CLOs-OXsFe); en una matriz microcristalina constituida por cuarzo II, plagioclasas II y feldespatos potásicos II (czII-PGLsII-FPKsII).



**Figura 36.** Fotomicrografía de fenocristales de feldespatos potásicos I (FPKs I) y anfíboles alterados a cloritas y óxidos de hierro (ANFs-CLOs-OXsFe); en matriz microcristalina de cuarzo II, plagioclasas II y feldespatos potásicos II (czII-PGLsII-FPKsII).



**Figura 37.** Fotomicrografía de fenocristal de anfíbol (ANFs) alterado intensamente a cloritas (CLOs), carbonatos (CBs) y óxidos de hierro (OXsFe) con inclusiones de minerales opacos (OPs); matriz de cuarzo II, plagioclasas II y feldespatos potásicos II (czII-PGLsII-FPKsII)



**Figura 38.** Fotomicrografía de fenocristal de plagioclasas I (PGLs I); en una matriz formada por microcristales de cuarzo II (cz II) con plagioclasas II (PGLs II) y feldespatos potásicos II (FPKs II) en sus intersticios.

## B) MUESTRA 02 – LIMOLITA CARBONATADA

### a) Ubicación

**Tabla 6.** Ubicación de la muestra 02

MUESTRA N° 02	UBICACIÓN
Norte	9186063
Este	770538
Altura	3051

El lugar donde se obtuvo la muestra número 02, corresponde al contacto entre el intrusivo granodiorítico y la Formación Pariatambo. Generando en la roca caja una aureola metamórfica de contacto, las calizas de esta Formación se encuentran fracturadas, debido al contacto con el intrusivo.



**Figura 39.** Limolitas oscuras fuertemente fracturadas por el contacto con el intrusivo.

### b) Descripción macroscópica

La muestra numero 02 pertenece a la Formación Pariatambo. Es una roca sedimentaria de grano fino compacta, de color gris oscuro; con tonos parduscos a rojizos por

presencia de óxidos de hierro. Reacciona débilmente con el HCl. También se observa pequeñas fracturas rellenas con mineral.



**Figura 40.** Muestra de mano de limolita color gris oscuro con impregnaciones de óxidos de hierro.

**c) Descripción Microscópica:**

La muestra es una roca sedimentaria con textura clástica, matriz soportada. Está compuesta por agregados de limos criptocristalinas, carbonatos micríticos y micas microfibrosas, con impregnaciones de óxidos de hierro, además con pequeños cristales de cuarzo I y minerales opacos I diseminados. Se observan cavidades y venillas rellenas por agregados de anfíboles, epidota, minerales opacos II y pequeños cristales de cuarzo II.

**Limos (60%)** Agregados criptocristalinos con tamaños menores a 0,005 mm; se encuentran formando la roca acompañados de agregados de carbonatos micríticos y micas microfibrosas; con impregnaciones de óxidos de hierro.

**Cuarzo I (5%)** ocurren como pequeños cristales anhedrales con formas irregulares y subredondeadas, con tamaños menores a 0,05 mm; se encuentran diseminados por toda la roca en intersticios de los agregados criptocristalinos de limos, carbonatos y micas microfibrosas.

**Carbonatos (5%)** se encuentra como agregados micríticos con tamaños menores a 0,1 mm; se encuentran formando la roca acompañados de agregados de limos criptocristalinos y micas microfibrosas; con impregnaciones de óxidos de hierro.

**Micas (18%)** se presentan como agregados microfibrosos con tamaños menores a 0,02 mm; ocurren formando la roca junto con agregados micríticos de carbonatos y agregados criptocristalinos de limos; con impregnaciones de óxidos de hierro.

**Óxidos de hierro (4%)** se aprecia como agregados terrosos y pulverulentos con tamaños menores a 0,005 mm; se muestran impregnando a los agregados de limos, carbonatos y micas.

**Anfíboles (<2%)** se aprecia como agregados microfibrosos con tamaños menores a 0,1 mm; se observan relleno de finas venillas y cavidades acompañados de minerales opacos, epidota y pequeños cristales de cuarzo II.

**Cuarzo II (Trazas)** se halla como pequeños cristales anhedrales con formas irregulares y tamaños menores a 0,05 mm; se encuentran relleno de finas venillas con espesores menores a 0,1 mm; se presentan junto con epidota, anfíboles y minerales opacos.

**Epidota (Trazas)** se exhibe como pequeños cristales anhedrales con formas irregulares y tamaños menores a 0,1 mm; se presentan relleno de finas venillas y cavidades acompañados de anfíboles, minerales opacos y pequeños cristales de cuarzo II.

Se observan en dos posibles generaciones de **minerales opacos**.

**Minerales opacos I (6%)** ocurren como cristales anhedrales con formas irregulares y tamaños menores a 0,3 mm; se encuentran diseminados por toda la roca en intersticios de los agregados criptocristalinos de limos, carbonatos y micas microfibrosas.

**Minerales opacos II (Trazas)** se muestran como cristales anhedrales con formas irregulares y tamaños menores a 0,1 mm; ocurren relleno de venillas y cavidades acompañados de los anfíboles, epidota y los pequeños cristales de cuarzo II.

**Textura:** Clástica; matriz soportada.

**Alteraciones:** Carbonatación y oxidación débil.

**Recomendación:** Debido al grano muy fino de la muestra se recomienda realizar un análisis por difracción de rayos X para determinar un porcentaje de los minerales más exacto.



**d) Clasificación según la DIN 4022**

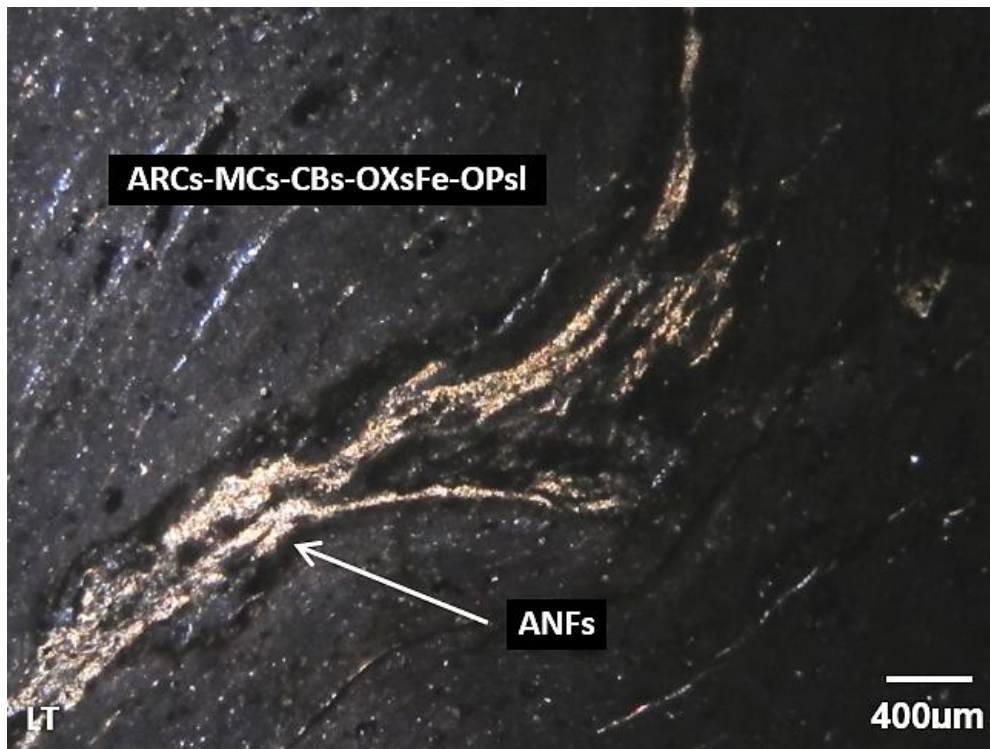
Según el estudio microscópico realizado tenemos estos porcentajes:

Se observan limos: 60%, micas: 18%, carbonatos: 5%, cuarzo: 5%, óxidos de hierro: 4%, anfíboles: 2%, trazas de epidota y de minerales opacos.

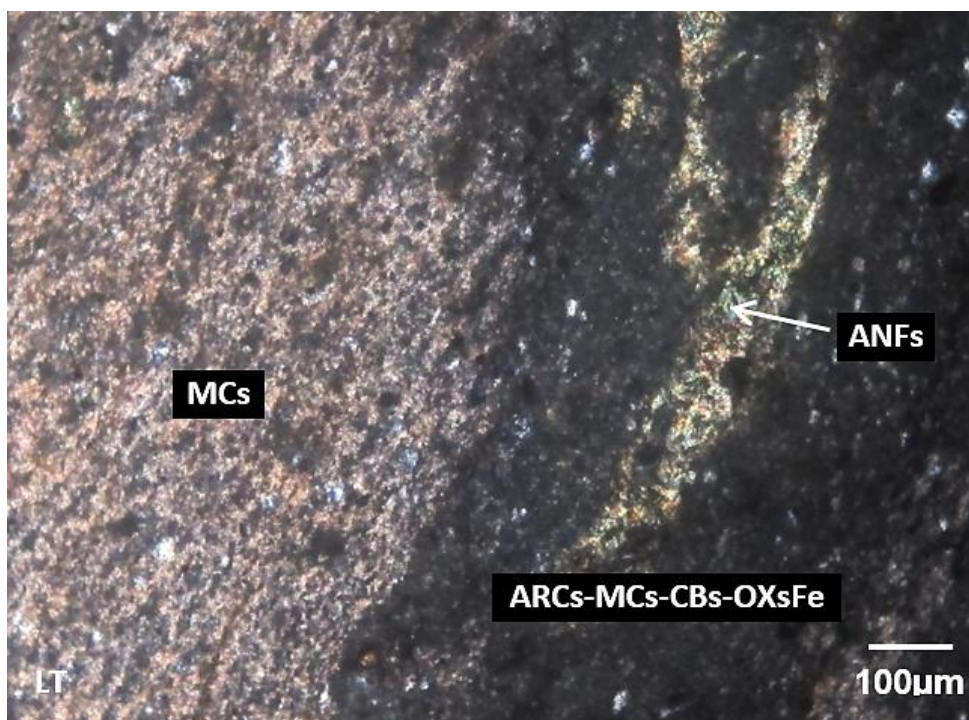
**Tabla 7.** Clasificación de rocas detríticas según DIN 4022.

CLASIFICACIÓN SEGÚN DIN 4022		GRANO DIAMETRO (mm)
Arcilla		< 0,002 mm
Limo	Fino	0,002 mm - 0,0063 mm
	Medio	0,0063 mm - 0,02 mm
	Grueso	0,02 mm - 0,063 mm
Arena	Fino	0,063 mm - 0,2 mm
	Medio	0,2 mm - 0,63 mm
	Grueso	0,63 mm - 2 mm
Gravas	Fino	2 mm - 6,3 mm
	Medio	6,3 mm - 20 mm
	Grueso	20 mm - 63 mm
Piedras		> 63 mm

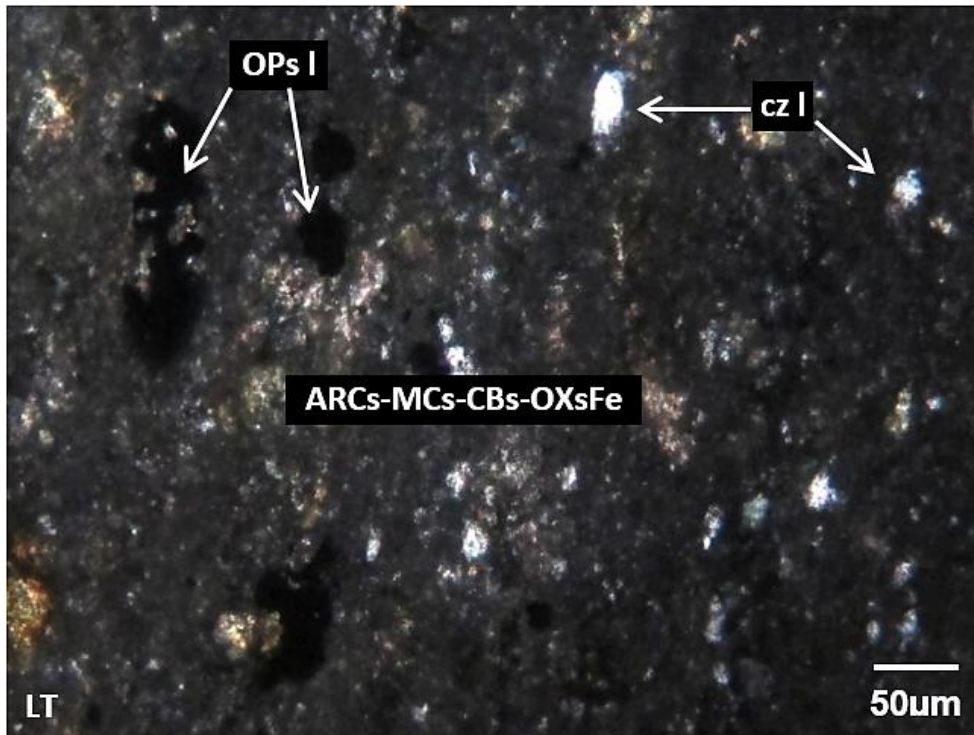
Según la clasificación por tamaño de grano, la muestra corresponde a un limo; por lo tanto, es una limolita que tiene presencia de carbonatos. Por tal motivo se clasifica como una limolita carbonatada.



**Figura 41.** Fotomicrografía de la roca formada por agregados de arcillas criptocristalinas, micas microfibrosas y carbonatos micríticos con impregnaciones de óxidos de hierro y minerales opacos I diseminados (ARCs-MCs-CBs-OXsFe-OPsl); además venillas y cavidades rellenas por agregados de anfíboles (ANFs).



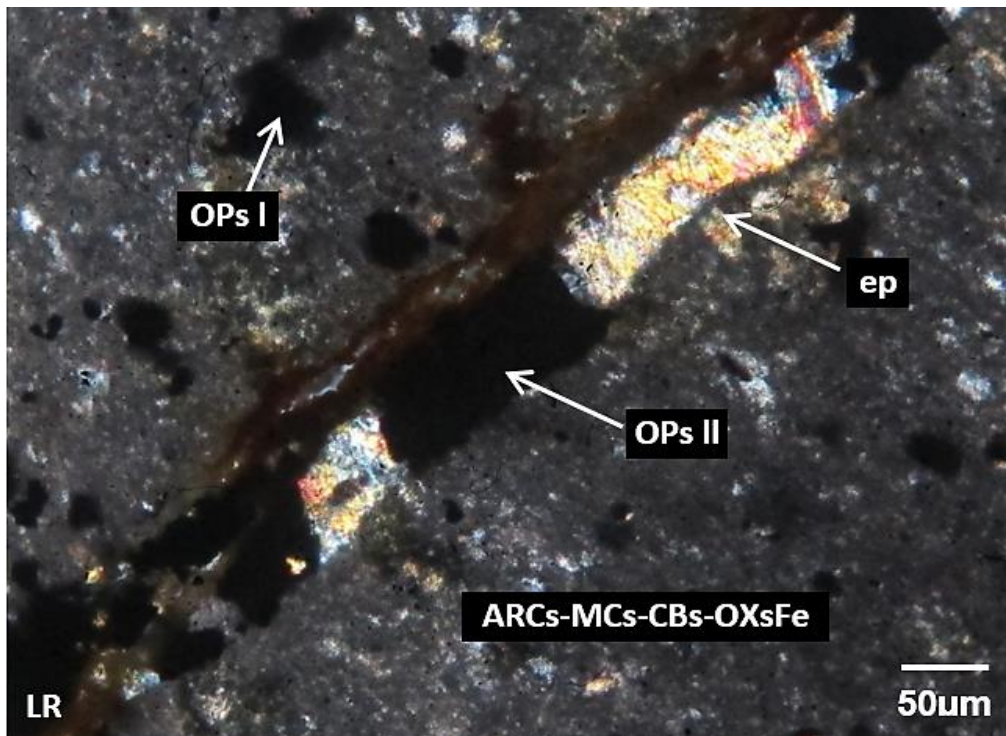
**Figura 42.** Fotomicrografía de agregados de arcillas, micas y carbonatos con impregnaciones de óxidos de hierro (ARCs-MCs-CBs-OXsFe), en algunos sectores con mayor presencia de micas (MCs); además venillas rellenas por agregados de anfíboles(ANFs).



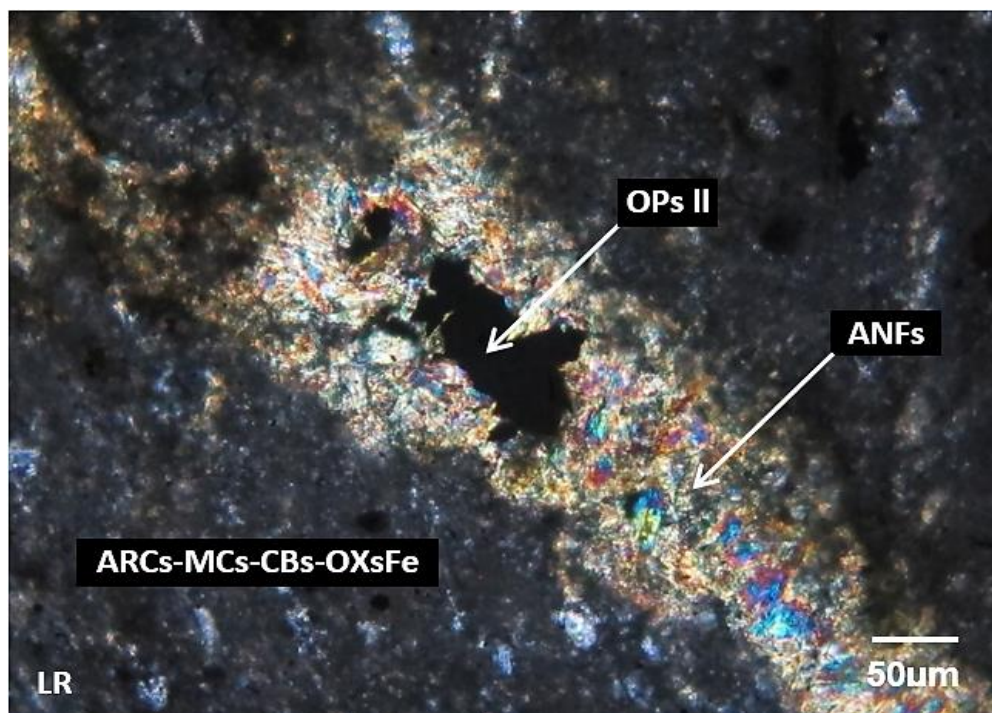
**Figura 43.** Fotomicrografía de agregados de arcillas criptocristalinas, micas microfibrosas y carbonatos micríticos con impregnaciones de óxidos de hierro (ARCs-MCs-CBs-OXsFe) con pequeños cristales de cuarzo I (cz I) y minerales opacos I (OPs I) diseminados.



**Figura 44.** Fotomicrografía de partes de la sección donde se observa mayor presencia de micas (MCs); con pequeños cristales de cuarzo I (cz I) diseminados.



**Figura 45.** Fotomicrografía de agregados de arcillas criptocristalinas, micas microfibrosas y carbonatos micríticos con impregnaciones de óxidos de hierro (ARCs-MCs-CBs-OXsFe) con minerales opacos I (OPs I) diseminados; además una fina venilla rellena por agregados de epidota (ep) y minerales opacos II (OPs II).



**Figura 46.** Fotomicrografía de agregados de arcillas, micas y carbonatos con impregnaciones de óxidos de hierro (ARCs-MCs-CBs-OXsFe), con cavidades rellenas por agregados de anfíboles (ANFs) y minerales opacos II (OPs II).

### C) MUESTRA 03 – PÓRFIDO CUARZODIORÍTICO

#### a) Ubicación

**Tabla 8.** Ubicación de la muestra 03.

MUESTRA N° 03	UBICACIÓN
Norte	9185871
Este	769887
Altura	3100

El lugar donde se obtuvo la muestra número 03 corresponde al cuerpo intrusivo, se encuentra aproximadamente a 500 m al este de la muestra 01 y 02.



**Figura 47.** Cuerpo intrusivo ubicado a unos 500 m al este de la muestra 01 y 02.

#### b) Descripción Macroscópica

Roca hipabisal compacta con textura porfirítica de color gris; se encuentran fenocristales blanquecinos de plagioclasas, cuarzo incoloro y también ferromagnesianos alterados a cloritas y óxidos de hierro de colores grises verdosos; en una matriz de grano fino de color gris.



**Figura 48.** Muestra de mano del intrusivo Cuarzodiorítico.

### c) Descripción Microscópica

Roca hipabisal con textura porfirítica. Se observan fenocristales de plagioclasas I, feldespatos potásicos I, cuarzo I y moldes de ferromagnesianos. Los moldes de ferromagnesianos están alterados completamente por agregados de biotita secundaria, cloritas, carbonatos, epidota y óxidos de hierro; con inclusiones de minerales opacos. En una matriz microcristalina constituida de plagioclasas II, cuarzo II y feldespatos potásicos II con cristales de carbonatos, cloritas, minerales opacos y agregados de biotita secundaria en sus intersticios. Se observa una textura micrográfica en la matriz formada por los feldespatos potásicos II y cuarzo II.

Se encuentran **plagioclasas** con dos diferentes granulometrías:

**Plagioclasas I (40%)** se muestran como fenocristales subhedrales con formas tabulares y tamaños menores a 6 mm; algunos fracturados; con macla polisintética y zonación; son alterados ligeramente a sericita, epidota, carbonatos y arcillas. Presentan inclusiones de pequeños moldes alterados a biotita secundaria.

**Plagioclasas II (24%)** se aprecian como microcristales subhedrales con formas tabulares y tamaños menores a 0,3 mm; con macla polisintética; presentes en la matriz de la roca con pequeños cristales de cuarzo II, feldespatos potásicos II, minerales opacos, carbonatos, cloritas y agregados de biotita secundaria en sus intersticios. Son alterados ligeramente alterados a sericita y arcillas.

Se observa **cuarzo** con dos diferentes granulometrías:

**Cuarzo I (4%)** se halla como fenocristales anhedrales, con formas irregulares y subredondeadas, con tamaños menores a 3,8 mm; fracturados; con biotita secundaria

en las microfracturas; con bordes ligeramente corroídos por el contacto con la matriz; con oquedades rellenas por arcillas.

**Cuarzo II (10%)** se aprecia como microcristales anhedrales con formas irregulares con tamaños menores a 0,25 mm; se encuentran en la matriz de la roca en intersticios de las pequeñas plagioclasas II. Además intercrecidos con feldespatos potásicos II formando una textura micrográfica.

Se presentan **feldespatos potásicos** con dos diferentes granulometrías:

**Feldespatos potásicos I (<2%)** se encuentran como fenocristales subhedrales con formas tabulares y tamaños menores a 1,2 mm; con macla de carlsbad; con biotita secundaria en sus microfracturas; se hallan alterados ligeramente a sericita y arcillas.

**Feldespatos potásicos II (6%)** se muestran como microcristales anhedrales y subhedrales; con formas tabulares y tamaños menores a 0,25 mm; se presentan en intersticios de cuarzo II en la matriz de la roca; son alterados ligeramente a sericita y arcillas. También intercrecidos con cuarzo II formando una textura micrográfica.

**Moldes de ferromagnesianos;** se encuentran con formas tabulares con tamaños menores a 2,8 mm; ocurren completamente alterados por agregados de biotita secundaria, cloritas, epidota, carbonatos y óxidos de hierro. Algunos con inclusiones de minerales opacos. Además se aprecian como inclusiones en fenocristales de plagioclasas I.

**Biotita secundaria (10%)** se encuentra como agregados microfibrosos con tamaños menores a 0,1 mm; ocurren alterando intensamente a los moldes de ferromagnesianos acompañados de cloritas, carbonatas, epidota y óxidos de hierro; también se aprecian como agregados en intersticios de la matriz. Con impregnaciones de óxidos de hierro.

**Sericita (Trazas)** se halla como cristales microescamosos con tamaños menores a 0,03 mm; ocurren alterando ligeramente a los fenocristales de plagioclasas I y feldespatos potásicos I; además alteran a los microcristales de plagioclasas II y feldespatos potásicos II.

**Arcillas (1%)** se aprecia como agregados criptocristalinos con tamaños menores a 0,005 mm; ocurren alterando ligeramente a los fenocristales de plagioclasas I y feldespatos potásicos I; también alteran a los pequeños cristales de plagioclasas II y feldespatos potásicos II.

**Epidota (Trazas)** se encuentra como microcristales anhedrales con formas irregulares y tamaños menores a 0,45 mm; se encuentran como alteración de los fenocristales de plagioclasas I y los moldes de ferromagnesianos.

**Cloritas (1%)** se observan como agregados fibrosos y radiales con tamaños menores a 0,15 mm; se encuentran alterando a los moldes de ferromagnesianos y también en intersticios de los microcristales de la matriz de la roca. Con ligeras impregnaciones de óxidos de hierro.

**Carbonatos (Trazas)** se aprecian como cristales anhedrales con formas irregulares y tamaños menores a 0,3 mm; ocurren como alteración de los fenocristales de plagioclasas I y los moldes de ferromagnesianos; además se hallan en intersticios de los pequeños cristales de la matriz.

**Minerales opacos (1%)** se desarrollan como cristales anhedrales con formas irregulares con tamaños menores a 0,4 mm; ocurren como inclusiones en los moldes de ferromagnesianos; además diseminados en los intersticios de los pequeños cristales de la matriz de la roca.

**Óxidos de hierro (<1%)** se muestran como agregados terrosos y pulverulentos con tamaños menores a 0,005 mm; ocurren como alteración de los moldes de ferromagnesianos; además impregnan a los agregados de biotita secundaria y cloritas.

**Textura:** Porfirítica; con matriz granular y micrográfica.

**Alteraciones:** Biotitización moderada; cloritización y argilización débil; oxidación muy débil; sericitización, epidotización y carbonatación incipientes.

e) Clasificación según el diagrama de streckeisen

Según el estudio microscópico realizado tenemos estos porcentajes:

Se observan plagioclasas con dos granulometrías diferentes:

Plagioclasas I: **40%**, Plagioclasas II: **24%**

Se observa cuarzo con dos granulometrías diferentes:

Cuarzo I: **4%**, Cuarzo II: **10%**

Se observa Feldespato potásico con dos granulometrías diferentes:

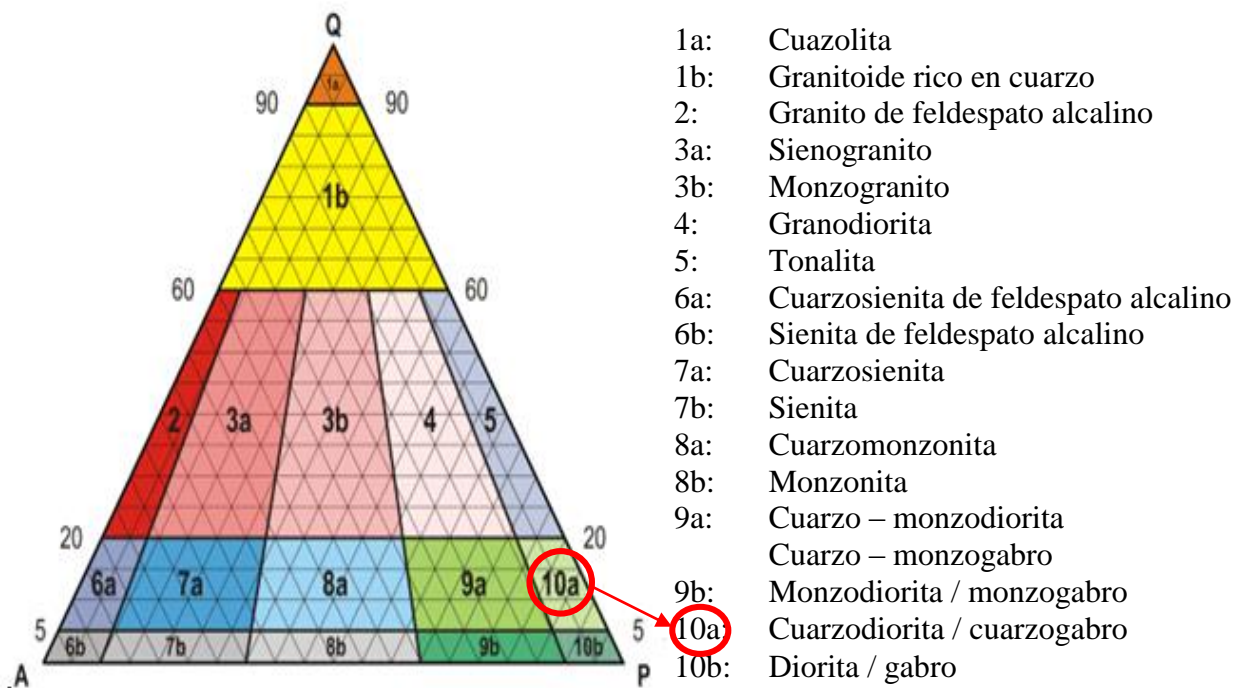


Feldespato potásico I: **2%**, Feldespato potásico II: **6%**

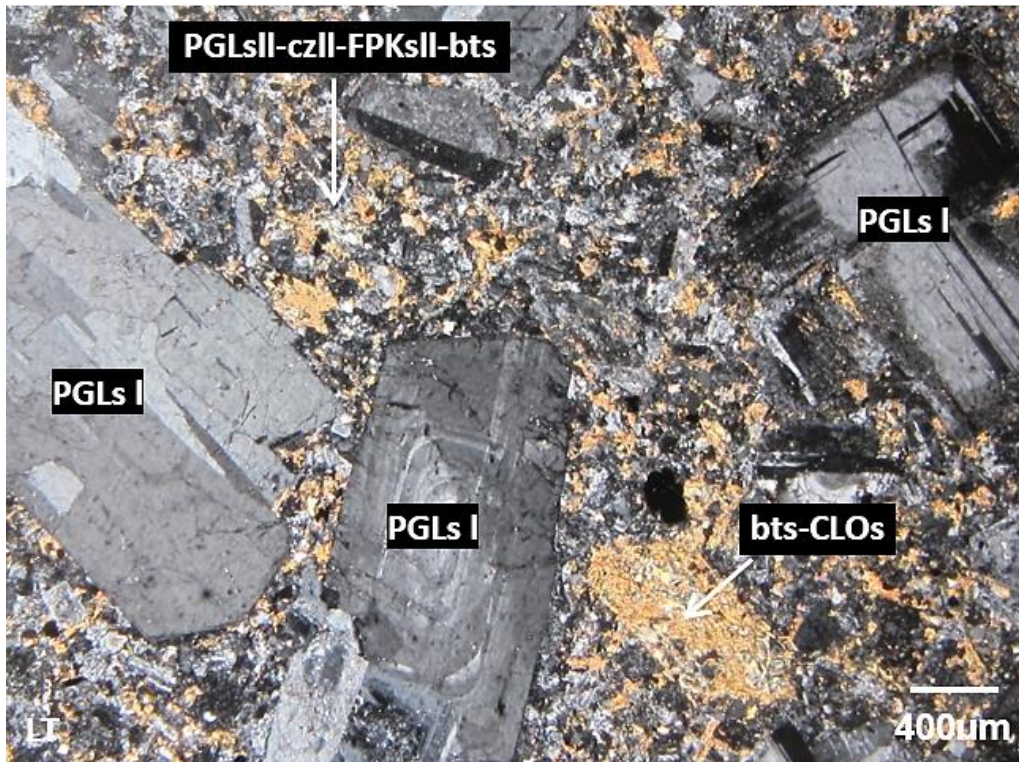
Además, se observa: biotita secundaria: 10%, arcillas: 1%, Clorita: 1%, epidota, carbonatos, óxidos de hierro y minerales opacos

**Obtenemos el factor multiplicación      En general se obtiene estos porcentajes:**

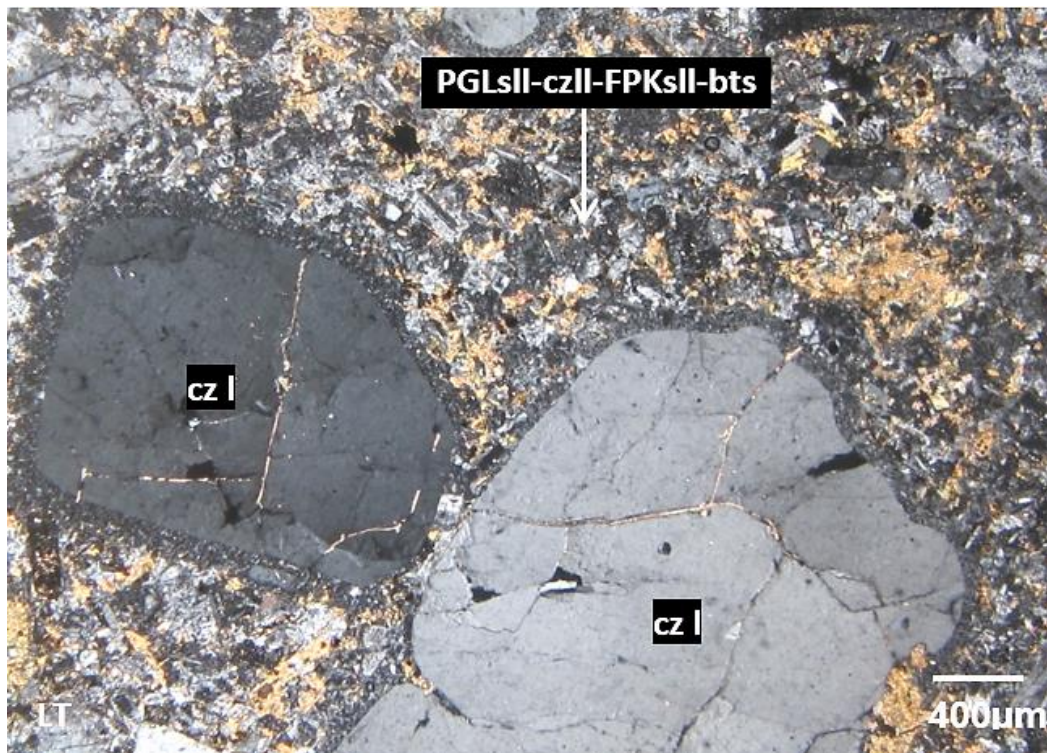
$84 \times F = 100$	Plagioclasas	: 64% x 1.16 =	74.24
$F = 1.19$	Cuarzo	: 14% x 1.16 =	16.24
	Feldespato potásico	: 8% x 1.16 =	9.28
	.....		
			84%



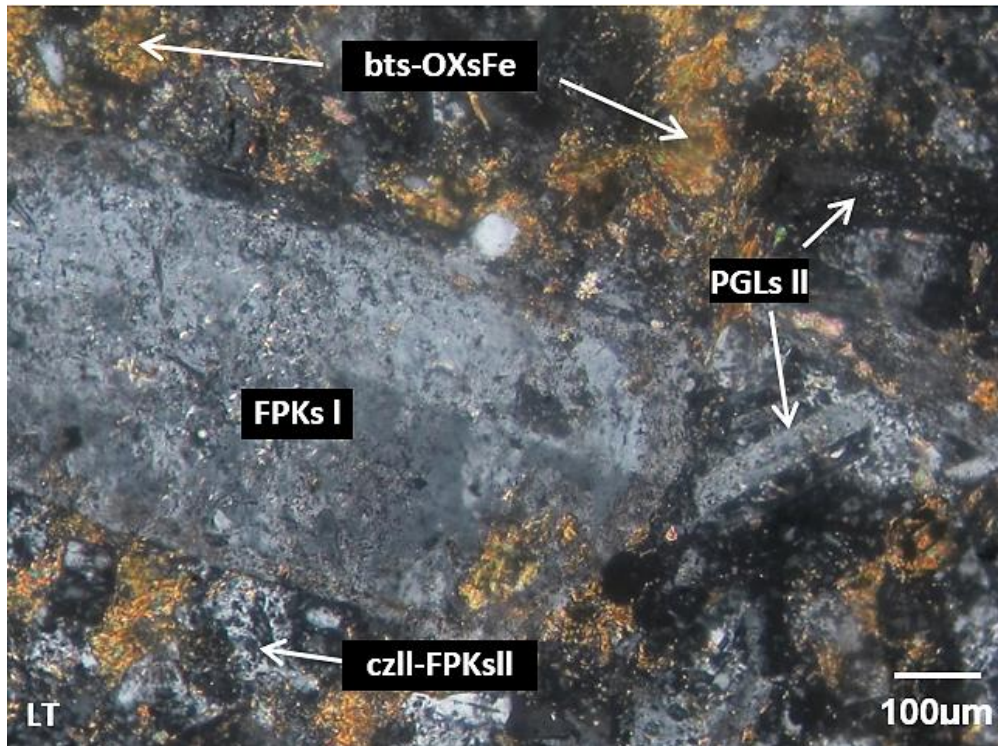
**Figura 49.** Clasificación de cuarzodiorita según el diagrama de Streckeisen.



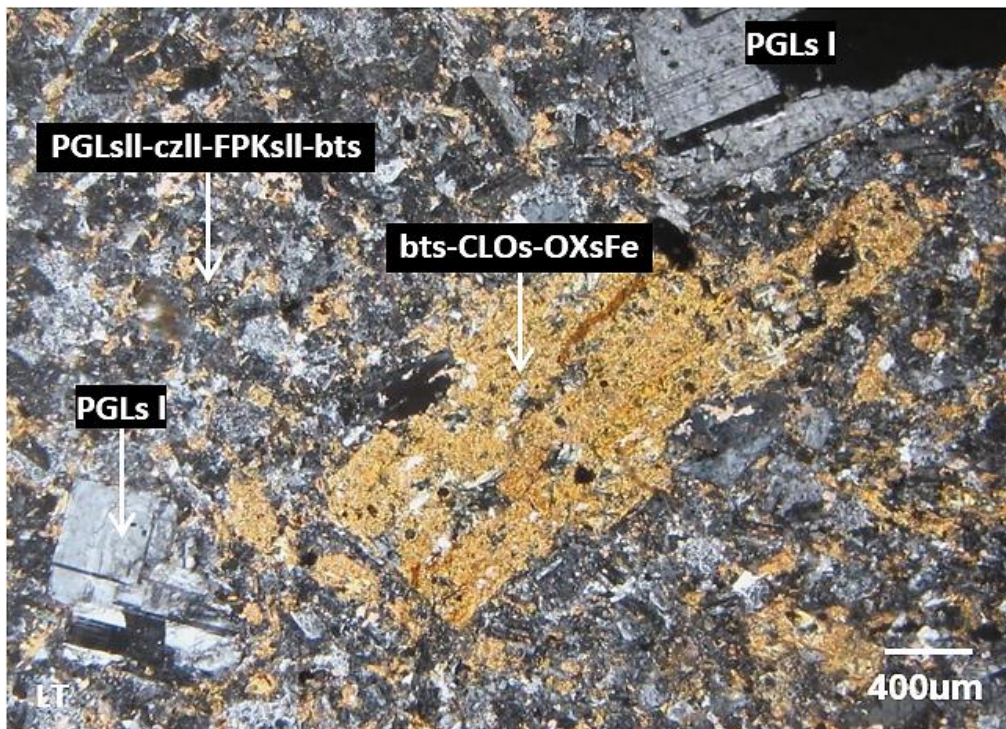
**Figura 50.** Fotomicrografía de fenocristales de plagioclasas I (PGLs I) y moldes de ferromagnesianos alterados por agregados de biotita secundaria y cloritas (bts-CLOs); matriz de plagioclasas II, cuarzo II y feldespatos potásicos II con biotita secundaria en los intersticios (PGLsII-czII-FPKsII-bts).



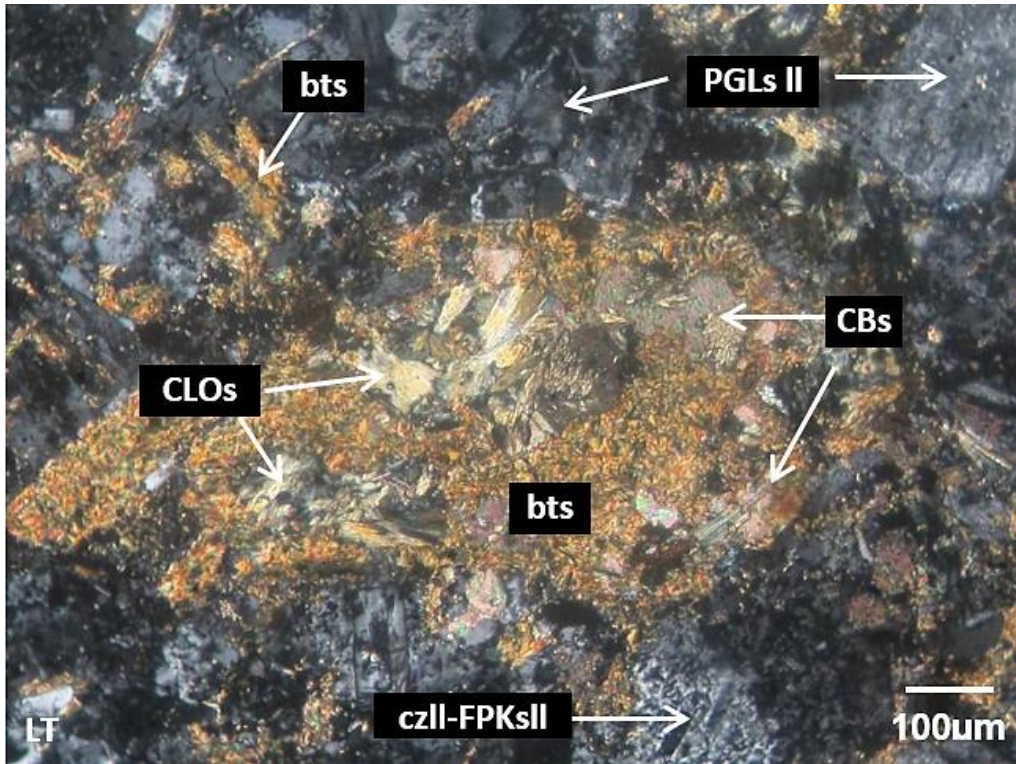
**Figura 51.** Fotomicrografía de fenocristales de cuarzo I (cz I); matriz de plagioclasas II, cuarzo II y feldespatos potásicos II con biotita secundaria en los intersticios (PGLsII-czII-FPKsII-bts).



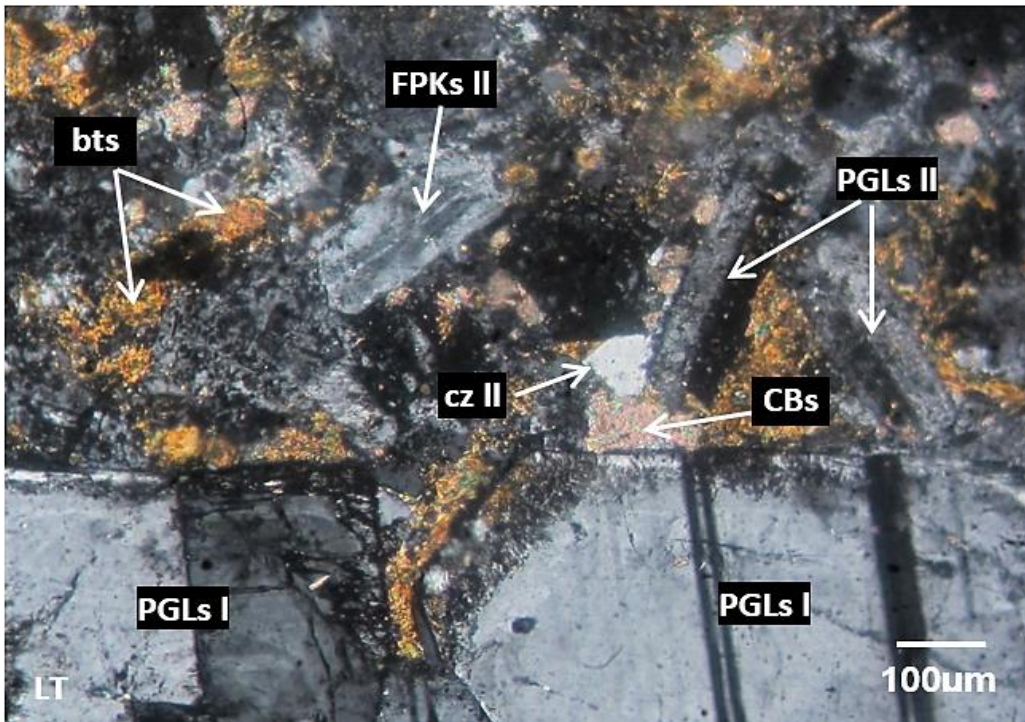
**Figura 52.** Fotomicrografía de fenocristal de feldespatos potásicos I (FPKs I); matriz de plagioclasas II (PGLs II), cuarzo II y feldespatos potásicos II con textura micrográfica (czII-FPKsII) con agregados de biotita secundaria con impregnaciones de óxidos de hierro (bts-OXsFe) en los intersticios.



**Figura 53.** Fotomicrografía de fenocristales de plagioclasas I (PGLs I) y moldes de ferromagnesianos completamente alterados a biotita secundaria, cloritas y óxidos de hierro (bts-CLOs-OXsFe); matriz de plagioclasas II, cuarzo II y feldespatos potásicos II con biotita secundaria en los intersticios (PGLsII-czII-FPKsII-bts).



**Figura 54.** Fotomicrografía de un molde de ferromagnesiano reemplazado por agregados de biotita secundaria (bts), cloritas (CLOs) y carbonatos (CBs); en matriz de plagioclasas II (PGLs II), cuarzo II y feldespatos potásicos II con textura micrográfica (czII-FPKsII) con biotita secundaria (bts) en los intersticios.



**Figura 55.** Fotomicrografía de fenocristales de plagioclasas I (PGLs I); en matriz de plagioclasas II (PGLs II), feldespatos potásicos II (FPKs II) y cuarzo II (cz II) con biotita secundaria (bts) y carbonatos (CBs) en sus intersticios.

## D) MUESTRA 04 – ESTRUCTURA MINERALIZADA

### a) Ubicación

**Tabla 9.** Ubicación de la muestra 04.

MUESTRA N° 04	UBICACIÓN
Norte	9185739
Este	769252
Altura	3400

Se encuentra próxima a la cota más alta del intrusivo, dicha muestra se obtuvo de una brecha de ruptura o depósito tipo stock work dentro del intrusivo.

La muestra se encuentra rellenando espacios, de manera vetiforme.



**Figura 56.** Brecha de ruptura, las fracturas no responden a ninguna orientación.

### b) Descripción Macroscópica

Estructura mineralizada compacta, de color gris con tonos verdosos; compuesta por finos carbonatos y epidota; además agregados masivos de pirrotita; con finas venillas rellenas de carbonatos. Además, se encuentran escasos cristales de calcopirita con su patina con iridiscencias multicolores.



**Figura 57.** Muestra de mano de la estructura mineralizada.

**c) Descripción Microscópica:**

Agregados masivos de pirrotita diseminados en intersticios de gangas parcialmente remplazados por cristales de calcopirita a partir de sus bordes y centros. Además, cristales de pirita y calcopirita diseminados en intersticios de gangas.

**Pirita (Trazas)** se aprecia como cristales subhedrales, con hábitos cúbicos; se encuentran diseminados en intersticios de gangas; son remplazadas débilmente por pirrotita a partir de sus bordes; con tamaños menores a 0,2 mm.

**Pirrotita (45%)** se encuentra como agregados masivos presentes en intersticios de gangas; son remplazados parcialmente desde sus bordes y centros por cristales de calcopirita; además remplazan débilmente algunos cristales de pirita a partir de sus bordes; con tamaños hasta de 14 mm.

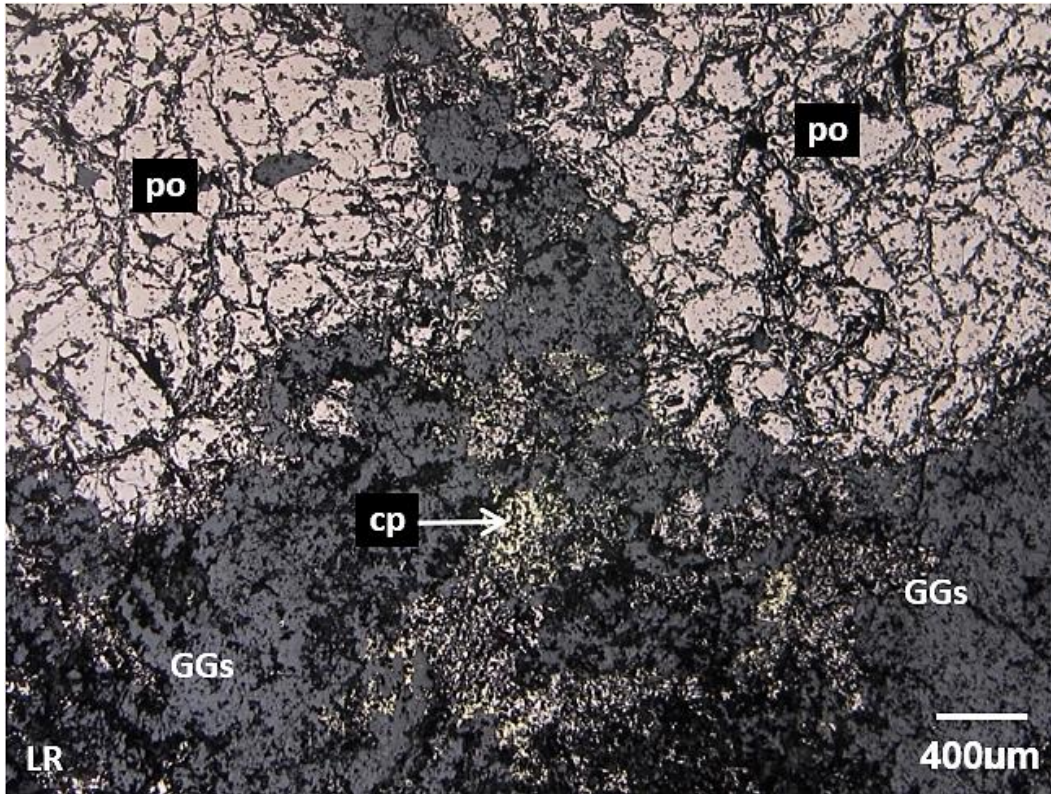
**Calcopirita (<2%)** ocurre como cristales anhedrales con formas irregulares se encuentran en intersticios de gangas y también remplazando parcialmente a los agregados masivos de pirrotita a partir de sus bordes y centros; con tamaños menores a 0,6 mm.

**Probable secuencia paragenética:**

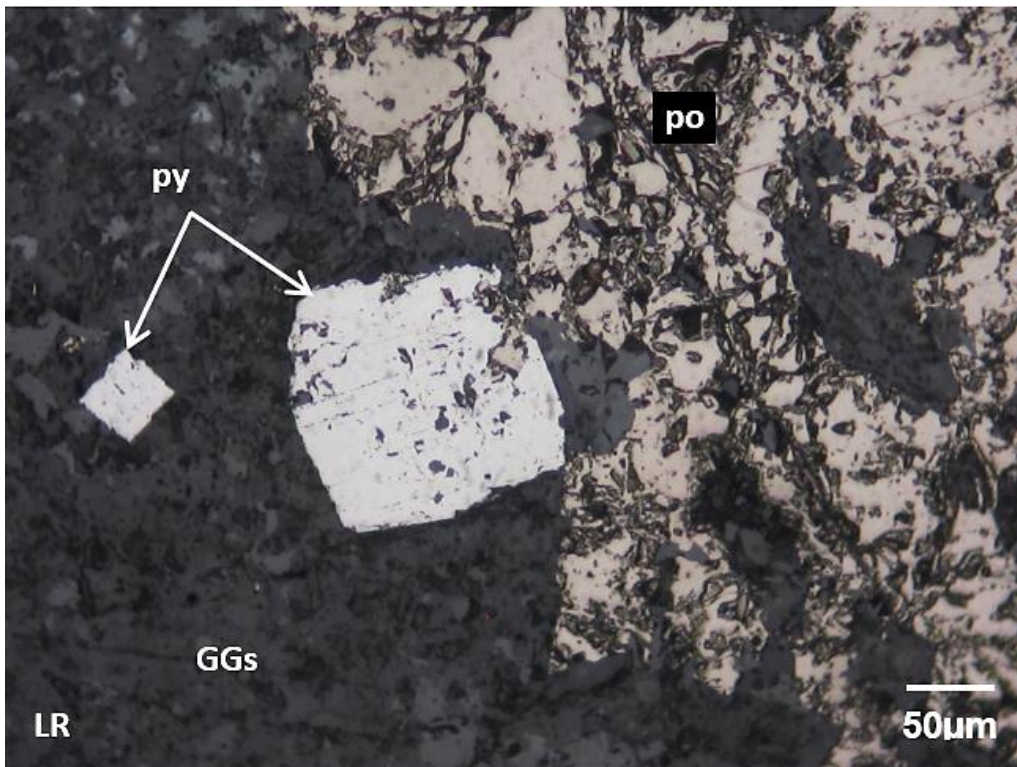
Pirita

Pirrotita

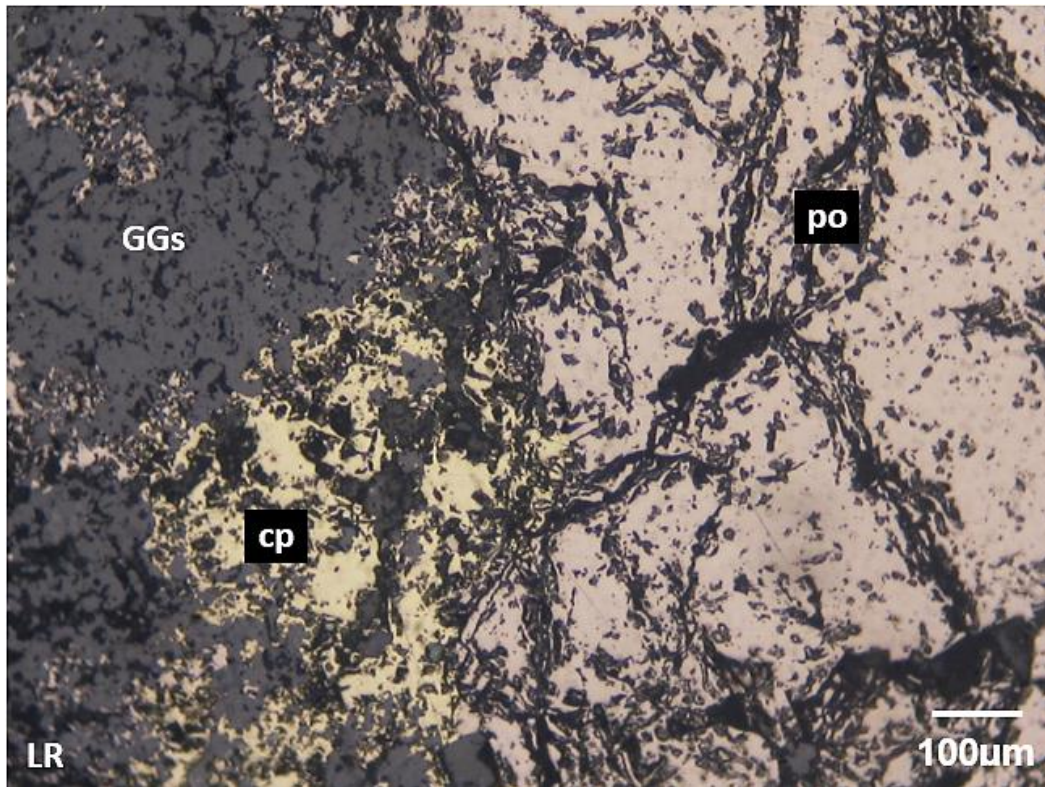
Calcopirita



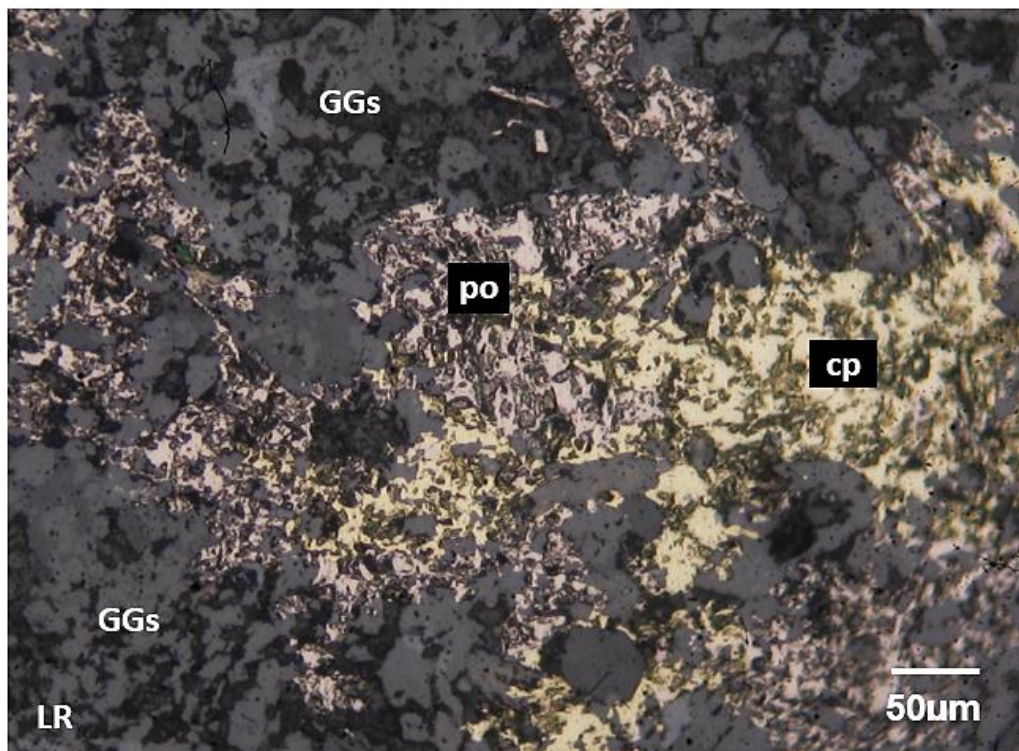
**Figura 58.** Fotomicrografía de agregados masivos de pirrotita (po) y cristales de calcopirita (cp) diseminados en intersticios de gangas (GGs).



**Figura 59.** Fotomicrografía de cristales de pirita (py) en intersticios de gangas (GGs) remplazadas desde sus bordes por agregados masivos de pirrotita (po).



**Figura 60.** Fotomicrografía de agregados masivos de pirrotita (po) remplazados desde los bordes por cristales de calcopirita (cp); en intersticios de gangas (GGs).



**Figura 61.** Fotomicrografía de cristales de pirrotita (po) remplazados desde sus bordes por cristales de calcopirita (cp); en intersticios de gangas (GGs).



## E) MUESTRA 05 – ESTRUCTURA DE RELLENO

### a) Ubicación

**Tabla 10.** Ubicación de la muestra 05.

MUESTRA N° 03	UBICACIÓN
Norte	9185666
Este	769093
Altura	3485

El lugar donde se obtuvo la muestra se encuentra ubicado a unos 100 m. Al sureste de la muestra número 04, el lugar corresponde a una antigua labor minera artesanal que se encuentra abandonada.



**Figura 62.** Bocamina artesanal realizada en la brecha de ruptura.

### b) Descripción Macroscópica

Estructura de relleno compacta de color gris claro; con tonos parduscos por impregnaciones de óxidos de hierro; se observan cristales de cuarzo y carbonatos; con cristales de pirita, arsenopirita y pirrotita diseminados y como agregados.



**Figura 63.** Muestra de mano de una estructura de relleno mineralizada.

c) Descripción Microscópica:

Estructura de relleno formada por agregados de cristales prismáticos de cuarzo que presentan en sus intersticios a agregados de carbonatos, micas, arcillas y jarosita; además se observan minerales metálicos en los intersticios como arsenopirita, pirita, pirrotita, calcopirita, galena, melnicovita y goethita.

**Cuarzo (58%)** se encuentra como cristales subhedrales y anhedrales, con formas prismáticas e irregulares; con tamaños menores a 2,8 mm; presentan en sus intersticios a agregados de carbonatos, micas, arcillas, jarosita, además cristales de arsenopirita, pirita, pirrotita, y melnicovita. Algunos presentan oquedades y fracturas rellenas por micas, carbonatos y jarosita.

**Carbonatos (16%)** se presentan como agregados de cristales y agregados terrosos, con formas irregulares y tamaños menores a 0,8 mm; se encuentran asociados con micas y arcillas en intersticios y en oquedades de los cristales de cuarzo II; presentan impregnaciones de jarosita.

**Micas (4%)** se muestran como agregados microfibrosos con tamaños menores a 0,07 mm; ocurren asociados a los agregados de carbonatos y arcillas presentes en los intersticios y oquedades de los cristales de cuarzo II; presentan impregnaciones de jarosita.

**Arcillas (2%)** se aprecian como agregados criptocristalinos con tamaños menores a 0,005 mm; ocurren asociados con carbonatos y micas presentes en intersticios y en oquedades de los cristales de cuarzo II.

**Jarosita (<2%)** se exhibe como agregados terrosos y pulverulentos con tamaños menores a 0,01 mm; ocurren como impregnaciones y asociados con los agregados de carbonatos, arcillas y micas presentes en los intersticios de los cristales de cuarzo.

**Arsenopirita (4%)** se halla como cristales subhedrales con formas rómbicas y tamaños menores a 1,2 mm; ocurren diseminados en intersticios de los agregados de cristales de cuarzo, carbonatos y micas; algunos fracturados; se encuentran remplazadas parcialmente desde sus bordes y centros por cristales de pirita y pirrotita.

**Pirita (8%)** se encuentra como agregados de cristales anhedrales con formas irregulares, con tamaños menores a 8 mm; se presentan en intersticios de los agregados de cristales de cuarzo, carbonatos y micas; además remplazan a cristales de arsenopirita desde sus bordes; son remplazadas a partir de sus bordes y centros por cristales de pirrotita, calcopirita, galena y melnicovita.

**Pirrotita (3%)** se aprecia como agregados de cristales anhedrales con formas irregulares y tamaños menores a 2,8 mm; ocurren en intersticios de los agregados de cristales de cuarzo, carbonatos y micas; también remplazan a cristales de arsenopirita y pirita desde sus bordes; además son remplazadas por galena y melnicovita a partir de sus centros y bordes.

**Calcopirita (Trazas)** ocurre como pequeños cristales anhedrales con formas irregulares y tamaños menores a 0,6 mm; se encuentran remplazando a cristales de pirita desde sus bordes.

**Galena (Trazas)** se desarrolla como pequeños cristales anhedrales con formas irregulares y tamaños menores a 0,3 mm; se observan remplazando a cristales de pirita y pirrotita a partir de sus centros.

**Melnicovita (<3%)** se presenta como agregados irregulares con tamaños menores a 2 mm; ocurren en intersticios de los agregados de cristales de cuarzo, carbonatos y micas; además se observa remplazando a los cristales de pirita y pirrotita desde sus bordes; también son remplazadas por agregados de goethita a partir de sus bordes.

**Goethita (Trazas)** se muestra como agregados coliformes con tamaños menores a 0,15 mm; se encuentran remplazando parcialmente a los agregados de melnicovita a partir de sus bordes.

**Textura:** De relleno y remplazamiento.

**Alteraciones:** Silicificación intensa; carbonatación moderada; argilización y oxidación débil.

**Probable secuencia paragenética de los minerales metálicos:**

Arsenopirita

Pirita

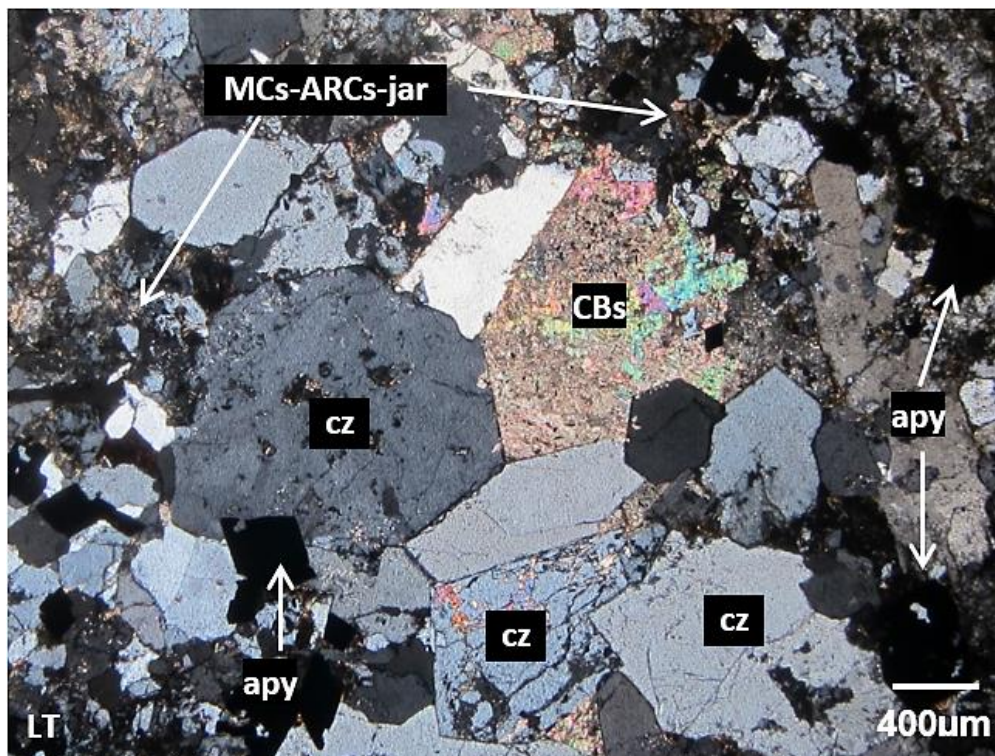
Pirrotita

Calcopirita

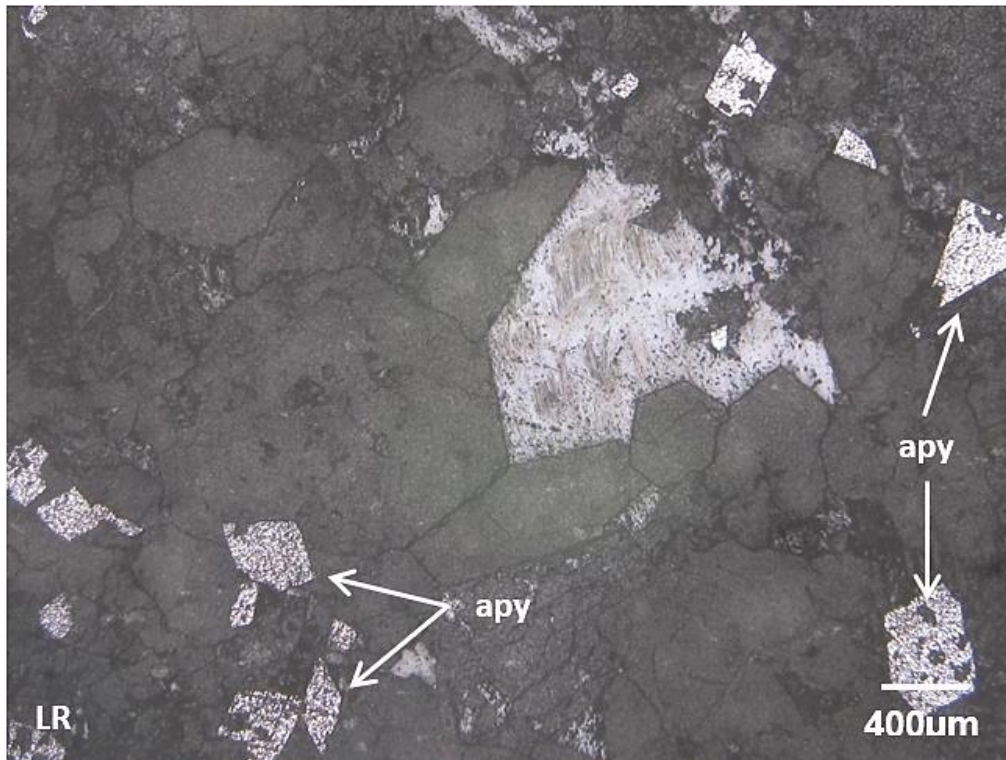
Galena

Melnicovita

Goethita



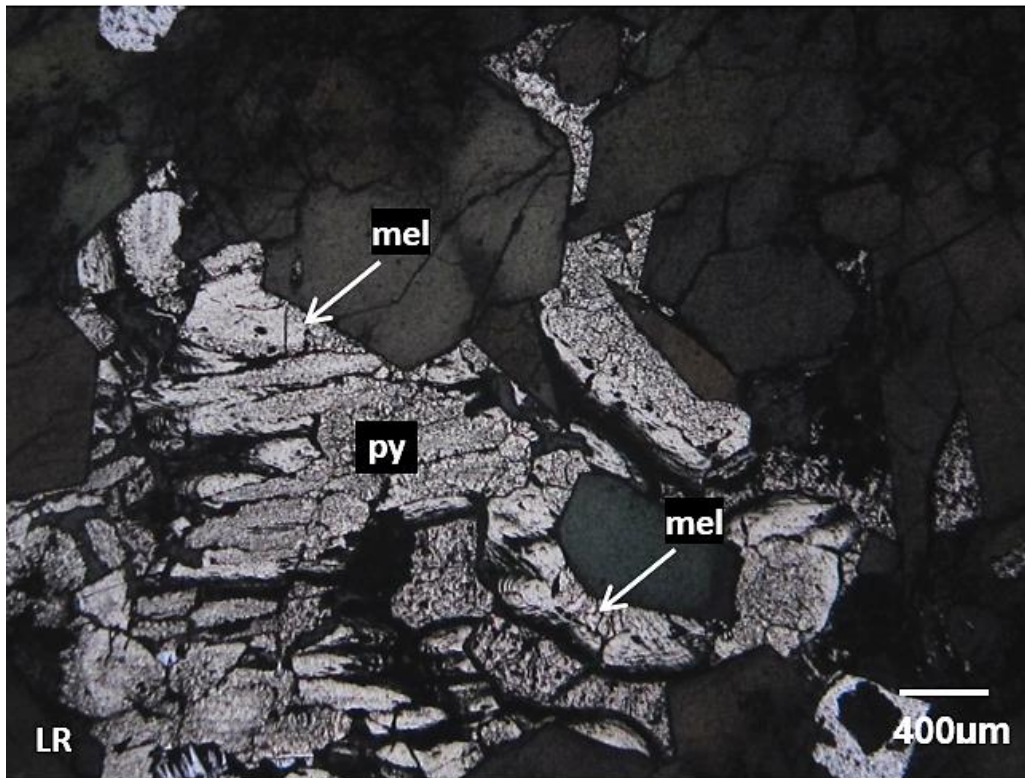
**Figura 64.** Fotomicrografía de cristales de arsenopirita (apy) con formas rómbicas diseminados en intersticios de los agregados de cristales de cuarzo (cz), carbonatos (CBs), micas, arcillas y jarosita (MCs-ARCs-jar).



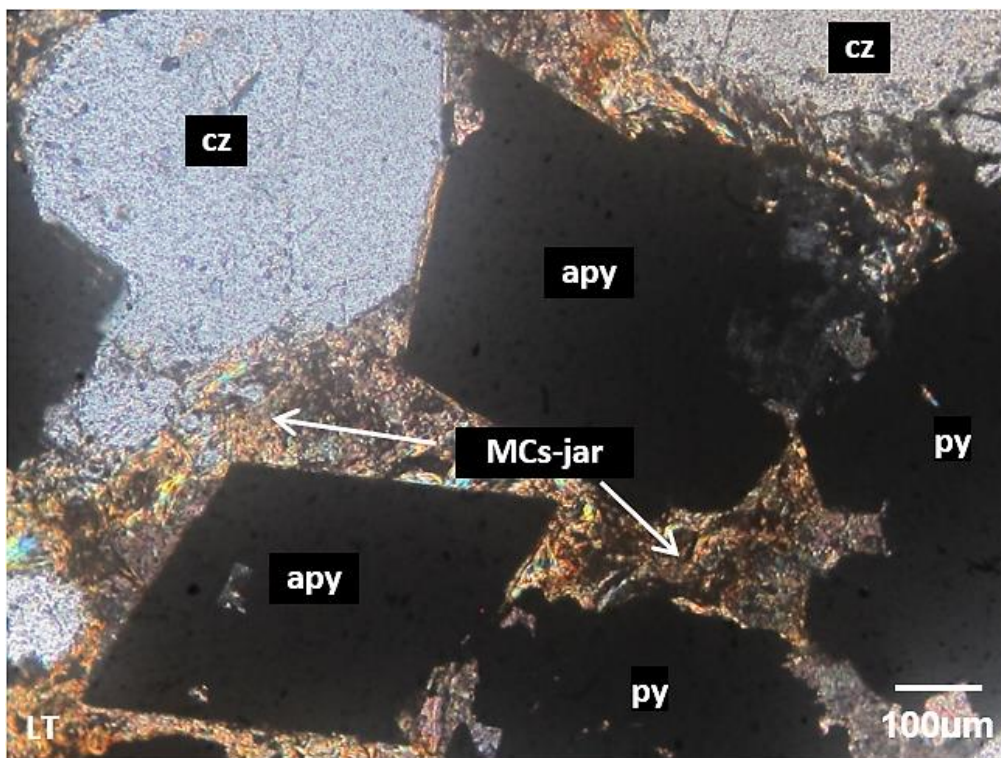
**Figura 65.** Fotomicrografía de cristales de arsenopirita (apy) con formas rómbicas diseminados en intersticios de los agregados de cristales de cuarzo (cz), carbonatos (CBs), micas, arcillas y jarosita (MCs-ARCs-jar).



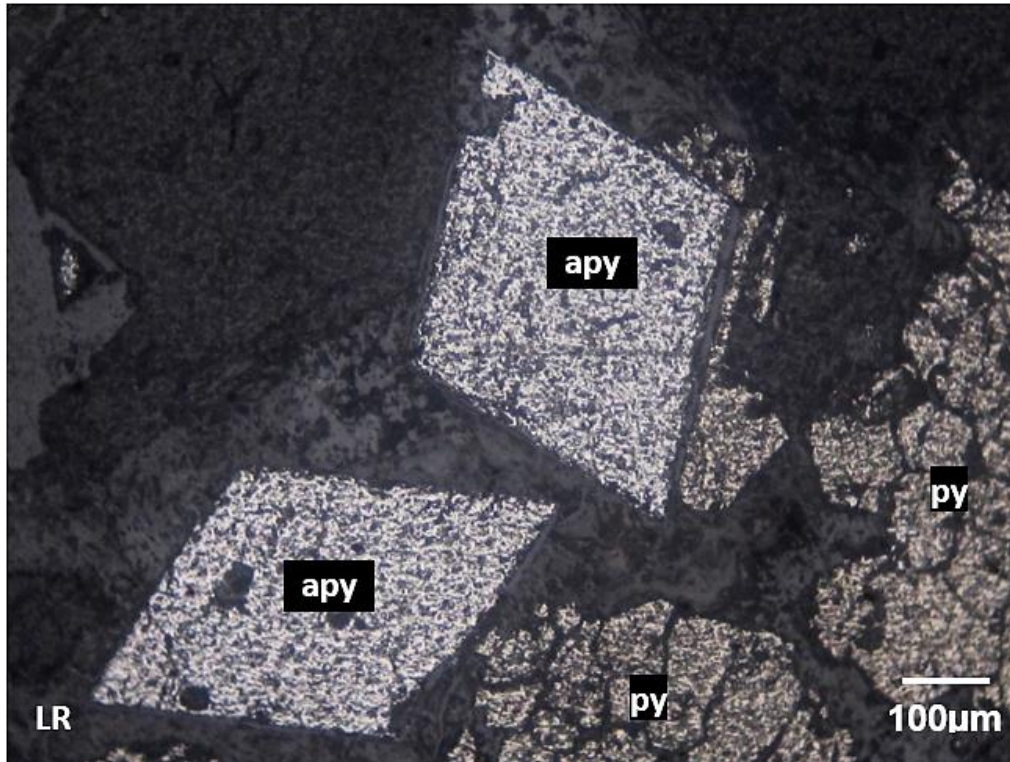
**Figura 66.** Fotomicrografía de agregados de cristales de pirita (py) reemplazados desde sus bordes por melnicovita (mel); en intersticios de los agregados de cuarzo (cz).



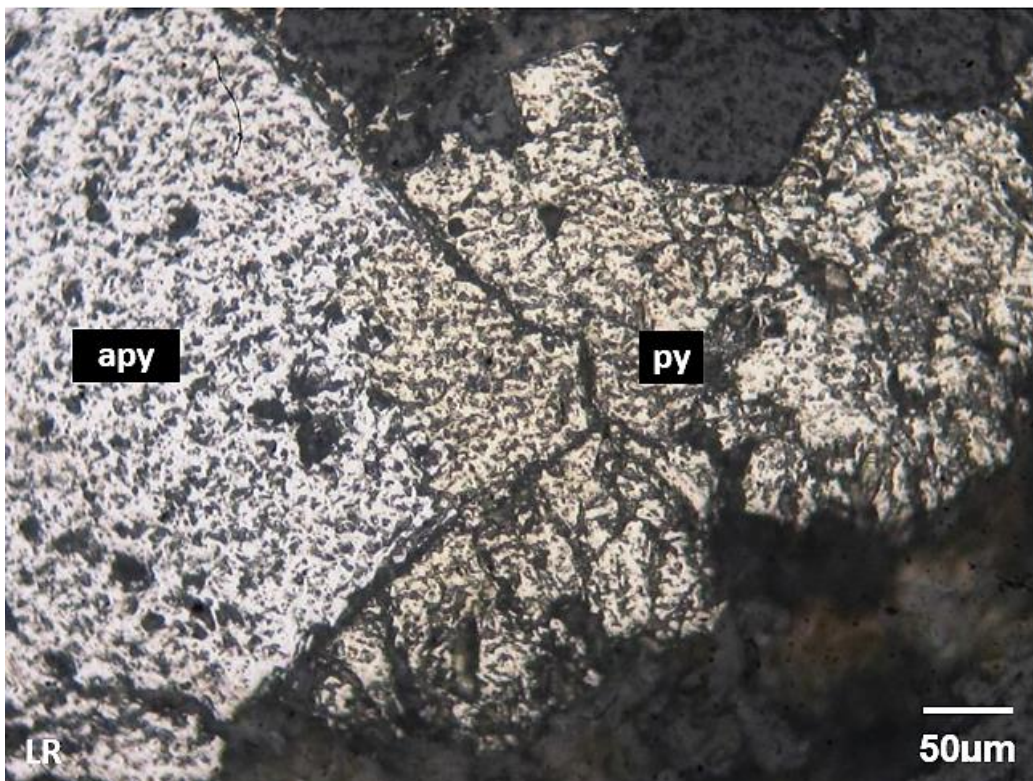
**Figura 67.** Fotomicrografía de agregados de cristales de pirita (py) remplazados desde sus bordes por melnicovita (mel); en intersticios de los agregados de cuarzo (cz).



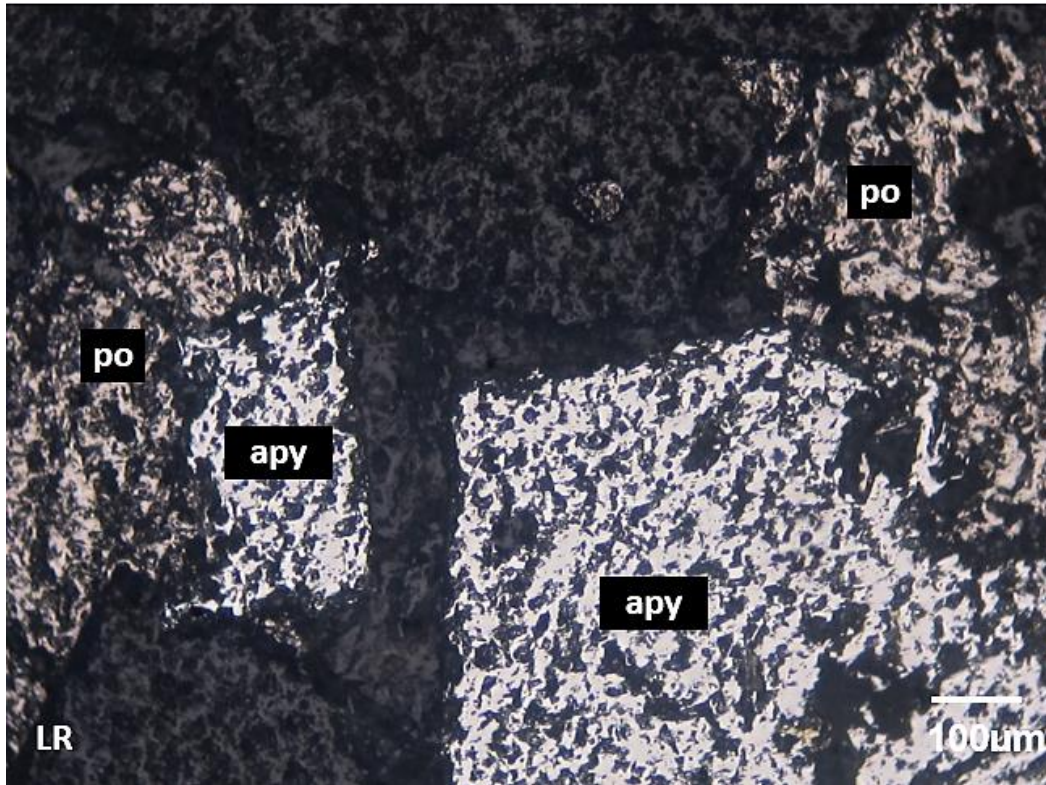
**Figura 68.** Fotomicrografía de cristales de pirita (py) y arsenopirita (apy) en intersticios de los agregados de cuarzo (cz) y micas con impregnaciones de jarosita (MCs-jar).



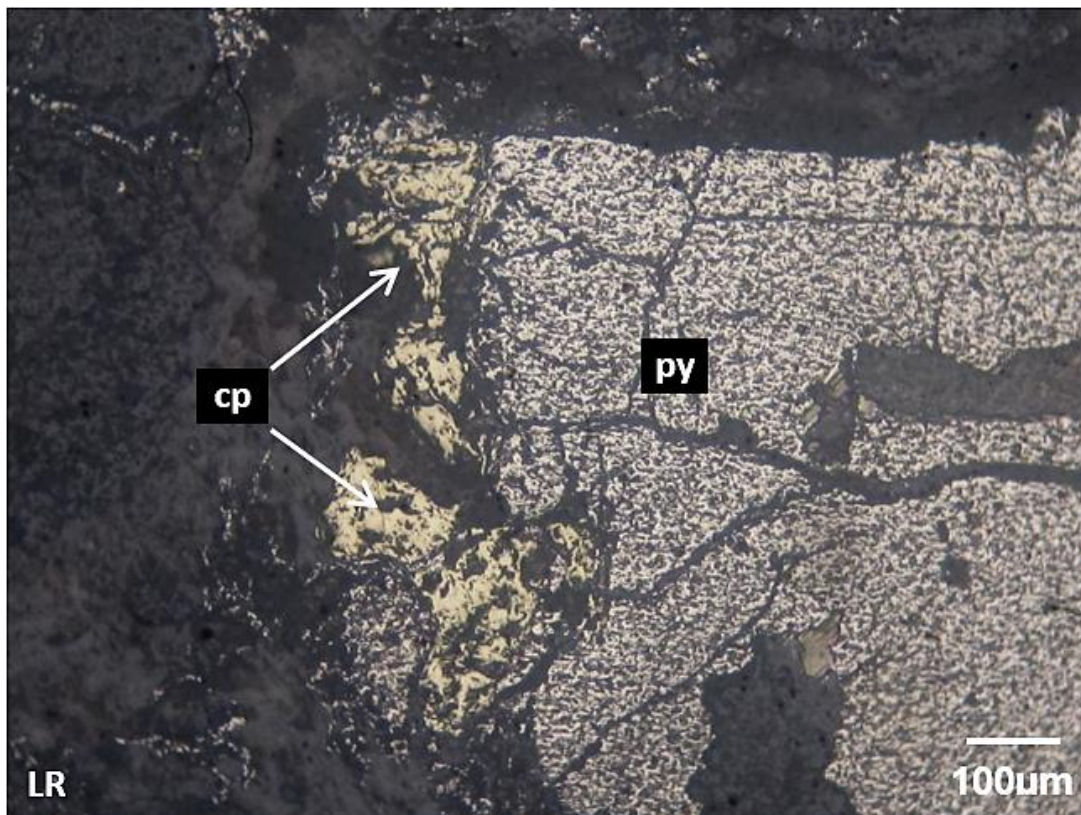
**Figura 69.** Fotomicrografía de cristales de pirita (py) y arsenopirita (apy) en intersticios de los agregados de cuarzo (cz) y micas con impregnaciones de jarosita (MCS-jar).



**Figura 70.** Fotomicrografía de cristal de pirita (py) reemplazando a la arsenopirita (apy) desde sus bordes.

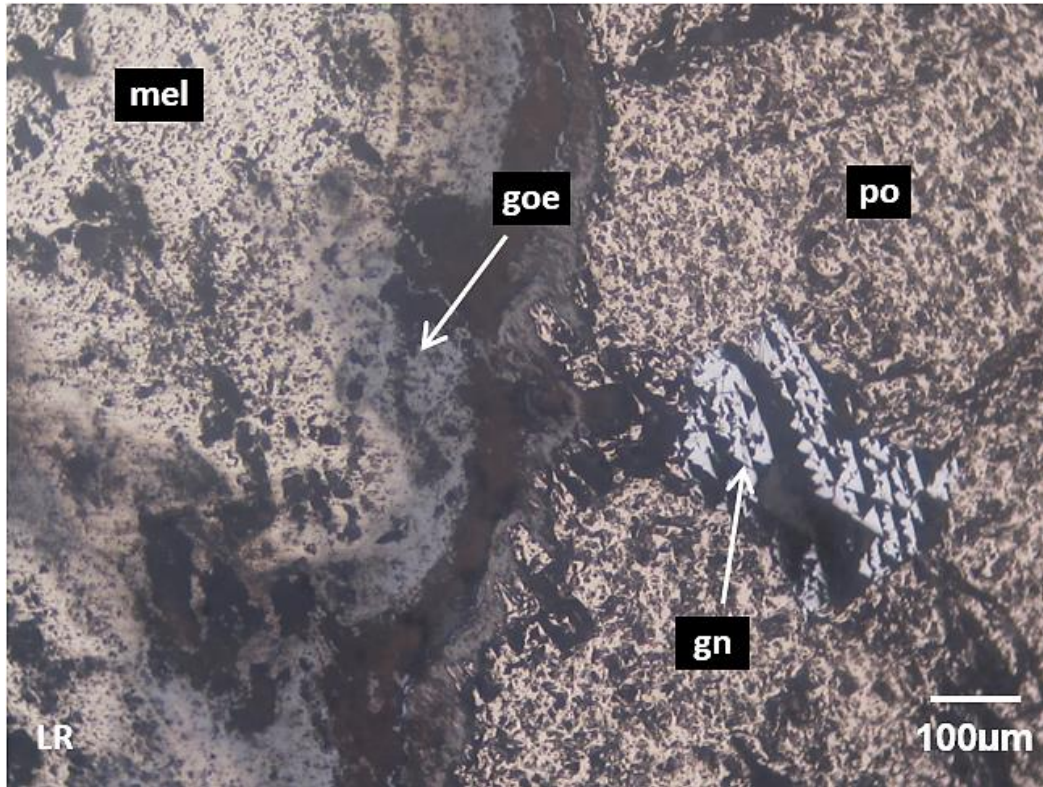


**Figura 71.** Fotomicrografía de cristales de pirrotita (po) remplazando a la arsenopirita (apy) a partir de sus bordes.



**Figura 72.** Fotomicrografía de cristales de calcopirita (cp) remplazando a la pirita (py) desde sus bordes.





**Figura 73.** Fotomicrografía de galena (gn) reemplazando a pirrotita (po) desde sus centros; además agregados de goethita (goe) reemplazando a la melnicovita (mel) a partir de sus bordes.

## CAPÍTULO IV ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS




### 4.1 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS



Los resultados que han sido obtenidos al realizar el estudio petro – mineralógico en las rocas que afloran en cerro Copán y Colloadar, cerca al Centro Poblado de Sapúc, nos permitieron analizar lo siguiente.

#### A) PETROLOGÍA

Se analizó dos tipos de rocas intrusivas, una roca sedimentaria, una estructura mineralizada y una estructura de relleno.

**Tabla 11.** Cuadro de muestras analizadas.

MUESTRA	FOTOGRAFÍA	DESCRIPCIÓN
M - 1		Pórfido granodiorítico de color blanquesino. Muestra tomada en el contacto con la Fm. Pariatambo
M - 2		Limolita carbonatada de color oscuro pertenciente a la Fm. Pariatambo. Muestra tomada en el contacto con el intrusivo.
M - 3		Pórfido cuarzodiorítico de color gris. Muestra tomada en el intrusivo sin alteración aparente.

M - 4		Estructura mineralizada con sulfuros de Fe, Cu, Pb. Muestra tomada en el depósito stockwork.
M - 5		Estructura de relleno con sulfuros de Fe, Cu, Pb, As y óxidos de hierro. Muestra tomada en el depósito stockwork.

La muestra del intrusivo cerca al contacto (m-1) cambia de composición con respecto a la muestra del intrusivo sin alterar (m-3), disminuyendo el contenido de plagioclasas de un aproximado de 67% a un 47% y aumentando su contenido cuarzo de un aproximado de 14% a un 32%. De estos porcentajes podemos deducir que el intrusivo es más ácido cerca al contacto y viceversa; lo cual se evidencia en el cambio del color de gris oscuro a blanquecino. Además, en la muestra (m-1) se observa la presencia de minerales calcosilicatados como anfíboles (no se encuentra en la m-3) y epidota. Y un aumento en el porcentaje de biotitas y cloritas; con respecto a la (m-3), evidenciando una mayor alteración en el contacto. Hecho que se verifica al analizar la muestra de roca sedimentaria extraída el en contacto (m-2) que presenta los mismos minerales calcosilicatados como anfíboles, epidota además trazas de cuarzo.

Los análisis de las muestras 4 y 5 dieron como resultado una mineralización predominante en sulfuros de hierro, en menor cantidad sulfuro de plomo, sulfuro de arsénico y cobre.

## **B) YACIMIENTO MINERAL**

La mineralización se encuentra distribuida en un yacimiento skarn o metasomatismo de contacto y en un depósito mineral tipo stockwork (brecha de ruptura).

### **a) SKARN**

Según el resultado de las muestras la intrusión de la cuarzodiorita en la caliza generó una aureola metamórfica, en la cual se observaron minerales calcosilicatados como el anfíbol y epidota; también minerales que se encontraban alterados como cloritas y biotitas secundarias. Se evidencio pirita diseminada, pero no se logró identificar mayor mineralización debido a que la vegetación cubre casi en su totalidad las zonas de contacto.

## **b) STOCKWORK**

Se encuentra ubicado en la parte central del intrusivo cuarzodiorítico, presenta diversidad de fracturas bien definidas, entrecruzadas, no obedecen a ninguna orientación, mide aproximadamente 100 metros.

La mineralización descrita anteriormente en las muestras 4 y 5 se encuentra rellenando fracturas de la brecha que tiene una potencia de 5 cm aproximadamente. La roca caja de cuarzodiorita se encuentra fuertemente silisificada

## **C) OCURRENCIA DE MINERALIZACIÓN**

Según los resultados de la investigación, se afirma que existe mineralización de pirita, calcopirita, arsenopirita, pirrotita, melnicovita, galena, goethita y jarosita.

## **4.2 CONTRASTACIÓN CON LA HIPOTESIS**

Los resultados obtenidos en cuanto al estudio petrológico y mineralógico realizado en las rocas que afloran en las proximidades del Centro Poblado de Sapuc, permitió determinar que si existe ocurrencia de mineralización en sulfuros de hierro, cobre arsénico y plomo. Esto debido al metasomatismo de contacto que genera el emplazamiento de un cuerpo intrusivo en rocas sedimentarias del Cretácico Inferior y Superior. También por la brecha de ruptura que se generó en el intrusivo debido a la presión que se produjo cuando se expulsó por ebullición la parte acuosa del magma generando fracturas en la roca intrusiva, que a su vez por soluciones hidrotermales que fluyeron por dichas fracturas se depositaron dichos minerales.

## **CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 CONCLUSIONES**

Los resultados obtenidos del estudio petro – mineralógico, realizado en las rocas que afloran en las proximidades del Centro Poblado de Sapúc – distrito de la Asunción, evidenció que existe ocurrencia de mineralización abundante en sulfuros de hierro, cobre, plomo y arsénico.

Se identificó que existe una variación de la composición del intrusivo. En el contacto con la roca sedimentaria es una granodiorita y en la parte central del intrusivo es una cuarzodiorita, debido a que su contenido de plagioclasas disminuye de una 67% a un 47% y su contenido de cuarzo aumenta de un 14% a un 42%.

Se identificó mineralización de anfíboles y epidota en el contacto del intrusivo con la roca sedimentaria y en el depósito stockwork mineralización de pirita, calcopirita, pirrotita, melnicovita, arsenopirita, galena, goethita y jarosita.

Se identificó que existe un yacimiento skarn emplazado dentro de la aureola metamórfica del contacto, rodeando al cuerpo intrusivo. También existe un depósito tipo stockwork que está ubicado en la parte central del cuerpo intrusivo.

### **5.2 RECOMENDACIONES**

En estudios futuros realizar en el depósito tipo Stockwork perforaciones que sigan el cuerpo mineralizado, hasta llegar al límite de dicha estructura.

En el yacimiento Skarn realizar una prospección geofísica, para detectar y delimitar posibles cuerpos mineralizados.

En futuros estudios de investigación coordinar con el teniente alcalde y rondas campesinas de la zona, para mayor facilidad de estudio; debido a que los pobladores son reacios a facilitar el pase a dichas áreas.

Realizar una malla de muestreo más amplia, para poder caracterizar de una mejor manera el contacto del intrusivo con la roca sedimentaria.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ancochea S. (2013) “Petrología y geocronología Rb-Sr de plutones del Sector Central de la Sierra de Guadarrama (Macizos de Alpedrete y de La Atalaya Real” - España
- Bayly, Briam. (1972) “Introducción a la Petrología”. Editorial Paraninfo. Versión Castellana: Traducción de Antonio Cendrero - España.
- Benavides V. (1956) “Geología de Cajamarca”; Sociedad Geológica del Perú, Tomo 30 – Perú.
- Dana. E. Ford W. (1979) “Tratado de Mineralogía”. Compañía Editorial Continental S.A. Versión Castellana. Traducción de Alberto Bermuren, Ciudad de México – México.
- Endlincher et al. (1974): “Evaluación de las Concesiones Mineras Revertidas” Ministerio de Energía y Minas – Perú.
- Gómez R. (1971) “Informe de la Mina Vista Alegre” Banco Minero del Perú.
- Heinrich, E. “Petrografía Microscopica”. 1972. Ediciones Omega S.A. Versión Castellana: Traducción Pablo Martínez. Barcelona – España.
- Huang, Walter. (1968) “Petrología”. Unión Tipográfica. Editorial Hispano Americano. Versión Castellana: Traducción de Rafael García. Ciudad de México – México.
- Málaga C. (1906) “Informe Minero del Cerro Colloadar” Cuerpo de Ingenieros de Minas, Bol N° 31 – Perú.
- Peñaranda P. (2010) “Manual de Petrología” Andean Silver Corporation (ASC PERÚ LDC) – Perú.
- Pettijohn, F.J. (1968). "Las Rocas Sedimentarias". Editor Eudeba, 2ª. ed.
- Quispe et al. (2008): “Mapa Metalogenético del Perú: Instituto Geológico Minero Metalúrgico del Perú”. INGEMMET – Perú.
- Reyes L. (1980). “Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba”. INGEMMET. Sector Energía y Minas. Boletín N° 31, Serie A. Lima – Perú.
- Rivera M. (2005). “Geología General”. Editorial Lima Comunicación on Time, 2ª. ed. – Perú.
- Williams et al. (1972). “Petrografía”. 1972. Compañía Editorial Continental S.A. Ciudad de México – México.

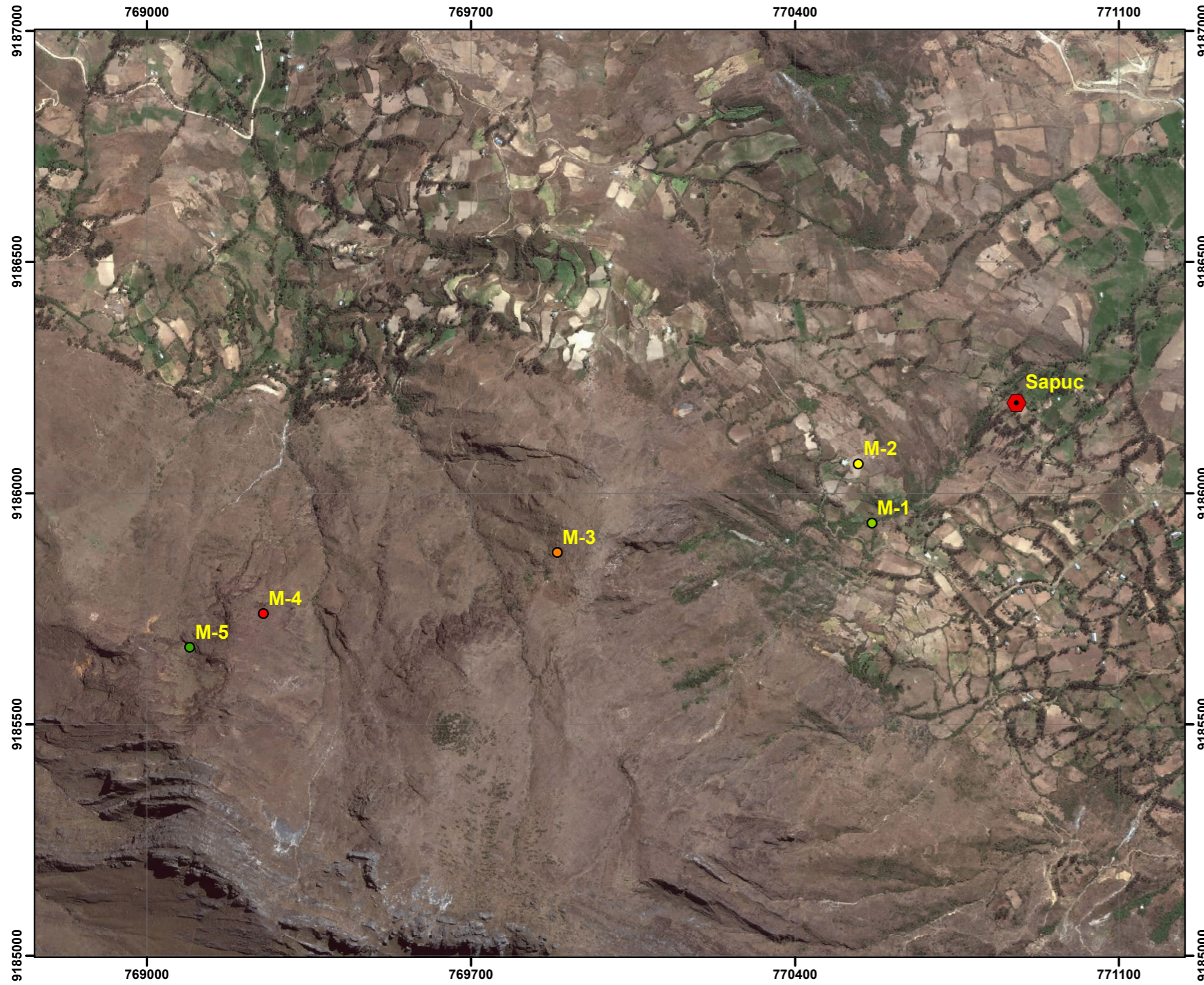
## **ANEXOS**

ANEXO 01: PLANO DE UBICACIÓN.

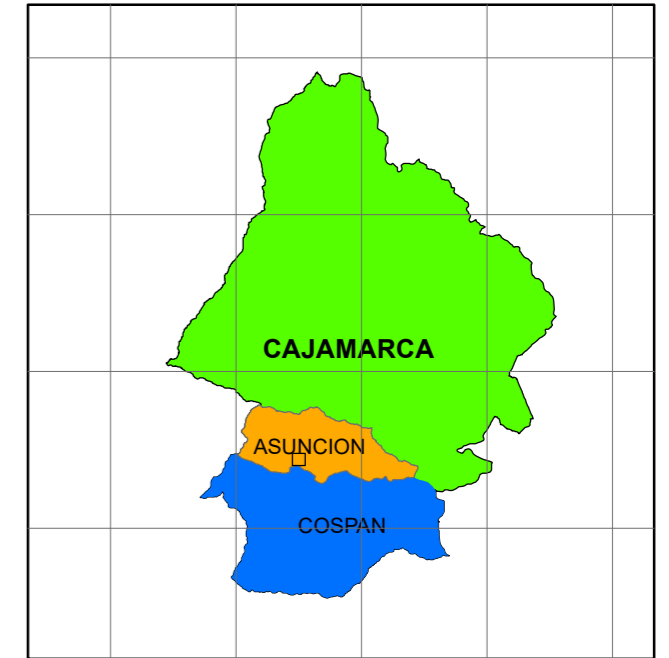
ANEXO 02: PLANO GEOLÓGICO.

ANEXO 03: PLANO DE UBICACIÓN DE MUESTRAS.

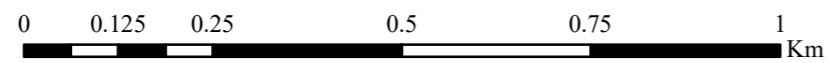




PROVINCIA DE CAJAMARCA

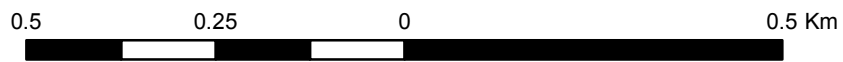
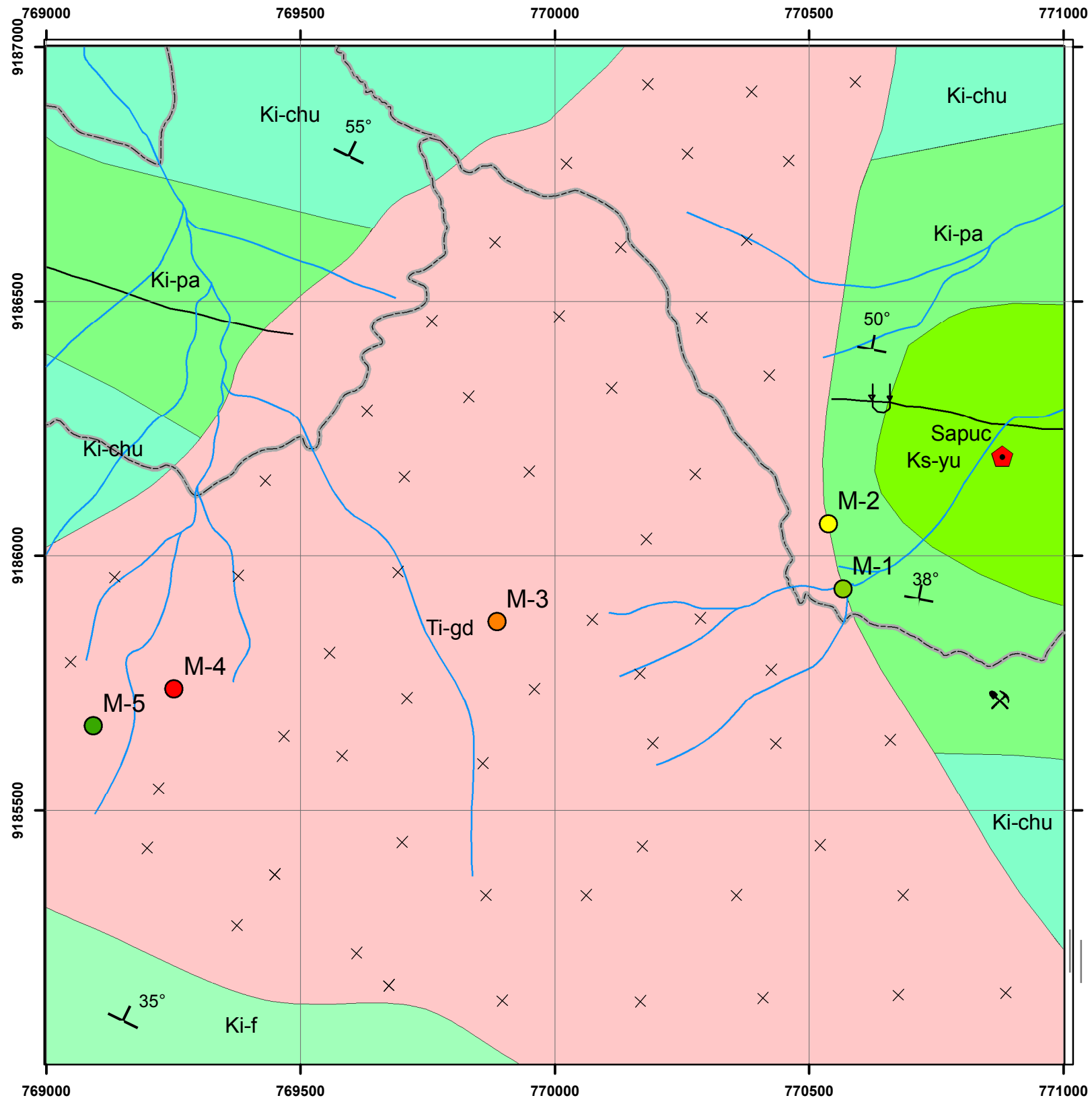


LEYENDA	
<b>MUESTRAS</b>	
<span style="color: green;">●</span>	M-1
<span style="color: yellow;">●</span>	M-2
<span style="color: orange;">●</span>	M-3
<span style="color: red;">●</span>	M-4
<span style="color: green;">●</span>	M-5
<span style="color: red;">⬠</span>	CENTRO POBLADO SAPUC



ESCALA: 1:10,000

<p>TESIS PROFESIONAL "ESTUDIO PETRO-MINERALÓGICO PARA DETERMINAR OCURRENCIA DE MINERALIZACIÓN EN LA ZONA DE SAPUC, DISTRITO DE LA ASUNCIÓN, CAJAMARCA, 2016"</p>		PLANO : <b>UBICACIÓN</b>	
		REALIZADO POR: BACH. LENNIN HUSSEIN CABANILLAS VEGA	
	ASESOR: MCs.Ing. JOSÉ ALFREDO SIVERONI MORALES		ESCALA : 1/10 000 LAMINA N°: <b>01</b>
	UBICACIÓN :		
	CENTRO POBLADO :	SAPUC	FECHA : Cajamarca, junio del 2017
	DISTRITO :	LA ASUNCIÓN	
PROVINCIA :	CAJAMARCA		
DEPARTAMENTO :	CAJAMARCA		



### SIMBOLOGÍA

- MINAS
- RUMBO Y BUZAMIENTO DE CAPAS
- SINCLINAL VOLCADO
- DRENAJE
- PUEBLOS
- VIAS

### LEYENDA

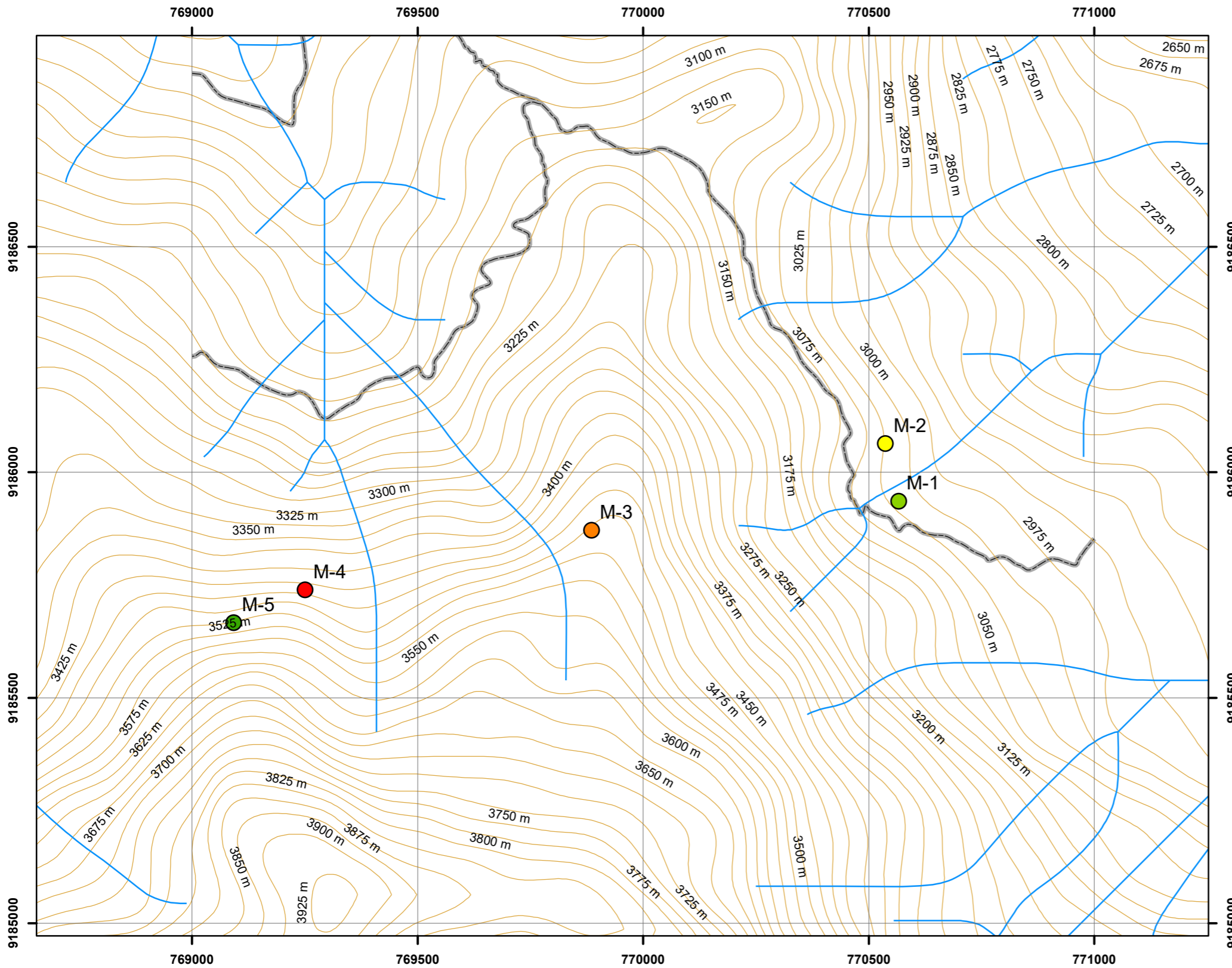
- Intrusivo Cuarzodiorita
- Fm. Yumagual
- Fm. Pariatambo
- Fm. Chulec
- Fm. Farrat

### MUESTRAS

- M-1
- M-2
- M-3
- M-4
- M-5

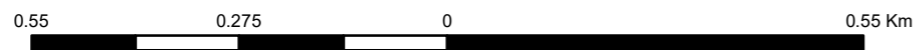
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

	ESTUDIO PETRO-MINERALÓGICO PARA DETERMINAR OCURRENCIA DE MINERALIZACIÓN EN LA ZONA DE SAPUC DISTRITO DE LA ASUNCIÓN, CAJAMARCA, 2016		
	PLANO GEOLÓGICO		
	AUTOR: Bach. Lennin Hussein Cabanillas Vega		
	ASESOR: Mcs. Ing. José Alfredo Siveroni Morales		
DATUM: WGS84	ESCALA: 1/10 000	Junio 2017	



MUESTRA	UBICACIÓN
● M-1	N 9185935
	E 770567
	Z 3048
● M-2	N 9186063
	E 770538
● M-3	N 9185871
	E 769887
	Z 3100
● M-4	N 9185739
	E 769252
● M-5	Z 3400
	N 9185666
	E 769093
	Z 3485

SIMBOLOGÍA	
	DRENAJE
	CURVAS DE NIVEL
	VIAS



<b>TESIS PROFESIONAL "ESTUDIO PETRO-MINERALÓGICO PARA DETERMINAR OCURRENCIA DE MINERALIZACIÓN EN LA ZONA DE SAPUC, DISTRITO DE LA ASUNCIÓN, CAJAMARCA, 2016"</b>		PLANO :	
		<b>UBICACIÓN DE MUESTRAS</b>	
	ASESOR: MCs.Ing. JOSÉ ALFREDO SIVERONI MORALES		REALIZADO POR: BACH. LENNIN HUSSEIN CABANILLAS VEGA
	UBICACIÓN :		ESCALA : 1/30 000
	CENTRO POBLADO :	SAPUC	LAMINA N°:
	DISTRITO :	LA ASUNCIÓN	
PROVINCIA :	CAJAMARCA	FECHA :	<b>03</b>
DEPARTAMENTO :	CAJAMARCA	Cajamarca, junio del 2017	