



Red DESIR

MÁSTER INTERNACIONAL
APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE
LOS RECURSOS MINERALES

TESIS DE MAESTRÍA

*“LAS ROCAS GRANITICAS Y LA
MINERALIZACIÓN AURÍFERA ASOCIADA, EN
LA CORDILLERA ORIENTAL DEL NORTE DEL
PERÚ, 6° 30' – 7° 30's*

Agapito Wilfredo Sánchez Fernández

Marzo 2006





Red DESIR

MÁSTER INTERNACIONAL
APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE
LOS RECURSOS MINERALES

Línea:
Recursos Geológicos para un Desarrollo Sostenible

TESIS DE MAESTRÍA

*“LAS ROCAS GRANITICAS Y LA
MINERALIZACIÓN AURÍFERA ASOCIADA, EN
LA CORDILLERA ORIENTAL DEL NORTE DEL
PERÚ, 6° 30' – 7° 30's*

Agapito Wilfredo Sánchez Fernández

Marzo 2006



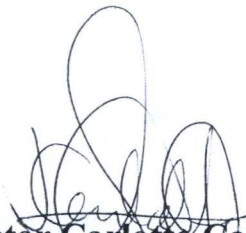
**MÁSTER INTERNACIONAL
APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE LOS RECURSOS
MINERALES**

Como director del Trabajo,

Autorizo la presentación de la Tesis de Maestría
**LAS ROCAS GRANITICAS Y LA MINERALIZACIÓN
AURÍFERA ASOCIADA EN LA CORDILLERA ORIENTAL
DEL NORTE DEL PERÚ, 6° 30' – 7° 30' S**

Realizado por
AGAPITO WILFREDO SÁNCHEZ FERNÁNDEZ

Bajo mi dirección
y



Dr. Víctor Carlotta Caillaux
INGEMMET



Dr. Néstor Chacón Abad
UNMSM



Firmado: **Prof. Dr. HUMBERTO CHIRIF RIVERA**
Fecha: Lima, 06 de marzo 2006

Red DESIR

Constituido el tribunal nombrado por el Coordinador Internacional del Programa de Máster Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Minerales, el día 31 de Marzo de 2006

Presidente: Cesar Cuevas Jaconne

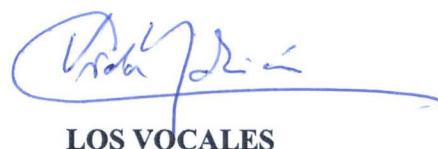
Vocal: César Vidal Cobido

:
Secretario: Rolando Eitel Carrascal Miranda

Realizado el acto de defensa y lectura de la Tesis de Maestría el día el día 31 de Marzo de 2006



EL PRESIDENTE



LOS VOCALES



EL SECRETARIO



*A: Lorena, Marlon, Vania y
Manuel por su comprensión
e invaluable apoyo.*

Agradecimientos

La presente tesis es la culminación de mi participación en el Programa Master Internacional promovido por la Red DESIR, y con el auspicio de la Agencia europea de Cooperación Alfa, la coordinación y promoción de la Universidad politécnica de Madrid y la colaboración de diversas universidades e instituciones, entre ellas el INGEMMET, por ello deseo expresar mi agradecimiento a todos y cada una de las personas representantes de cada una de las instituciones que hicieron posible mi participación en el Máster Internacional Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Minerales. Muchas gracias.

Asimismo mi agradecimiento a los directivos del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, quienes me brindaron las facilidades para el logro del objetivo propuesto, en particular al Director Ejecutivo J. Macharé quien tuvo a bien proponer mi participación y al Director Geocientífico V. Carlotto quien ha facilitado grandemente la realización del presente estudio.

Al Director de tesis H. Chirif por su apoyo desinteresado en la revisión del texto de la tesis.

En la realización de la presente tesis he contado con el apoyo de colegas de la Dirección de Geología Regional entre ellos W. Martínez, O. De La Cruz, W. Rosell, V. Lipa, S. Carrasco, J. Galdos, D. Romero, R. Monge; de la Dirección de Laboratorios L. Ramírez y J., A., Iparraguirre, y del Área de Cartografía, J., Velasco quienes han facilitado grandemente la elaboración y presentación de este trabajo. Sinceramente estoy muy agradecido.

Contenido

RESUMEN

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Presentación	1
1.2 Conocimientos Previos	3
1.3 Planteamiento del Problema	6
1.3 Objetivos	7
1.5 Marco Geológico	7
1.5.1 Complejo del Maraón	7
1.5.2 Cambriano - Ordoviciano	10
1.5.3 Ordoviciano –Formación Contaya	11
1.5.4 Carbonífero	11
1.5.5 Permiano – Triásico inferior	13
1.5.6 Triásico superior – Jurásico inferior	14
1.5.7 Cretáceo inferior	15
1.5.8 Cretáceo superior	16
1.5.9 Estructuras y Deformación	16
2.- METODOLOGÍA	18
2.1 Procedimiento de Estudio	18
3 TRABAJOS REALIZADOS	20
3.1 Observaciones sobre el Terreno	20
3.1.1 Batolito Gollón - Callangate	20
3.1.1.1 Diorita Yalen	21
3.1.1.2 Tonalita – Granodiorita Gollón	21
3.1.1.3 Granodiorita – Tonalita Balsas	23
3.1.1.3 Tonalita – Granodiorita Lavador	26
3.1.1.4 Granodiorita Los Alisos	27
3.1.1.5 Monzogranito Abra Chanchillo	27
3.1.1.6 Monzogranito Yalen	29
3.1.1.7 Monzogranito – Granodiorita Callangate	30
3.1.1.8 Monzogranito - Enaben	31
3.1.1.9 Sienogranito Chacanto	32
3.1.1.10 Cuarzomonzodiorita Quebrada San José	34
3.1.1.11 Granodiorita Tingo Grande	34
3.1.3 Xenolitos	35
3.1.4 Metamorfismo de Contacto	37
3.1.5 Formación Lavasen	37
3.1.6 Estructura	38
3.1.6.1 Perfil sección A – A'	40
3.1.6.2 Perfil sección B – B'	40

3.1.6.3 Fallas	40
3.1.6.4 Diaclasas	42
3.1.6.5 Esquistosidad	43
3.1.7 Mineralización	45
3.1.7.1 Area Chalabamba – Molinete	45
3.1.7.2 Área de Lavador	46
3.1.7.3 Área Gollón	50
3.1.7.4 Área Horabuena – El Reo	56
3.2 Trabajos de Laboratorio	58
3.2.1 Estudios Petrográficos	59
3.2.1.1 Complejo del Marañón	59
3.2.1.2 Batolito Gollón – Callangate	64
3.2.1.3 Xenolitos y Enclaves	70
3.2.1.4 Rocas Volcánicas	71
3.2.1.5 Vetas o filones	74
3.2.2 Análisis de Rocas y Estructuras Mineralizadas	77
3.2.2.1 Estudio de Inclusiones Fluídas	78
Procedimiento	78
3.3 Resultados	81
3.3.1 Composición modal	81
3.3.2 Análisis de Elementos Mayores	84
3.3.3 Análisis de elementos traza	89
3.3.4 Análisis de estructuras mineralizadas	91
4. DISCUSIÓN E INTERPRETACIÓN	93
4.1 Distribución de la Mineralización	93
4.1.1 Mineralización en el Batolito Gollón – Callangate	93
4.1.2 Mineralización en el Complejo del Marañón	94
4.1.3 Mineralización en Pelitas pizarrosas	94
4.1.4 Tipo de Depósito	95
4.2 Edad y Emplazamiento de las rocas plutónicas	95
4.3 Edad de la Mineralización	98
4.4 Interpretaciones petrogenéticas	98
4.5 Metalogénesis	103
CONCLUSIONES	106
5.1 Resumen de los resultados e interpretaciones	106
5.2 Aplicaciones prácticas	107
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109
Anexo N° 1 Listado de Muestras	113
Anexo N° 2 Análisis de elementos mayores de muestras del Batolito Gollón - Callangate	119
Anexo N° 3 Análisis de elementos traza de rocas del batolito Gollón - Callangate	121
Anexo N° 4 Análisis Multielemental de vetas de cuarzo	123
Anexo N° 5 Secciones bajo luz reflejada	124
Anexo N° 6 Láminas de Inclusiones Fluídas	128
Anexo 7 Procedimientos de análisis	132

RESUMEN

Desde Santo Tomás (Amazonas) hasta Bambamarca (La Libertad), entre el Río Marañón y la Cordillera Oriental en el Norte del Perú se encuentra el Batolito Gollón - Callangate conformado por cuerpos plutónicos discontinuos a lo largo de 100 km, tiene como albergantes rocas metamórficas del Complejo del Marañón y rocas sedimentarias del Paleozoico inferior.

El Batolito esta conformado por las unidades Gollón, Balsas, Lavador, Los Alisos, que son en su mayoría granodioritas a tonalitas de grano medio y las unidades Abra Chanchillo, Yalen, Enaben, Callangate y Chacanto cuya composición modal corresponde esencialmente a granitos (monzogranitos – sienogranitos). Las texturas y estructuras son primarias e isótropas y los minerales comunes son: plagioclasas, feldespato K, cuarzo, biotita y hornablenda, y como accesorios más comunes apatito, zircón, magnetita y otros óxidos.

Las unidades del batolito conforman un conjunto de 15 cuerpos plutónicos simples dispuestos en una faja de 20 Km de ancho limitada por fallas regionales de alto angulo que siguen una dirección NO – SE a N – S, las cuales delimitan bloques levantados de rocas proterozoicas y paleozoicas con bloques de unidades mesozoicas. Se nota claramente la separación entre el macizo del Marañón - Cordillera Oriental que tiene deformación relacionada a fallas de fuerte inclinación o verticales, de recorrido regional, profundas, y con reactivaciones diversas, con las áreas adyacentes donde se observa deformación de cobertura, tipo fallas y pliegues imbricados.

En las unidades Gollón, Lavador, esquistos del Complejo del Marañón y pelitas pizarrosas consideradas como Formación Contaya, se encuentran vetas de cuarzo con contenidos de oro. Las vetas de cuarzo Au en rocas graníticas son mas frecuentes, siguen en general la dirección NO – SE con inclinaciones de 30° a 75° al NE sus grosores de 0.2 m a 1.2 m. La estructura de las vetas comprende cuerpos de cuarzo lechoso con bandas oxidadas, restos de la roca caja alterada, zonas cizalladas y/o alteración del orden de los centímetros en los bordes, una segunda etapa con cuarzo gris microcristalino con algunos sulfuros en cristales muy pequeños (galena, calcopirita, etc). Los análisis hechos han rendido valores referenciales entre 0.01 y 4.62 g/t.

Las vetas en el complejo metamórfico son muy irregulares, concuerdan con la esquistosidad N 40° - 50° O inclinadas al NE (El Reo y Horabuena), sus componentes son cuarzo lechoso, macizo, bandas con oxidación y paredes con evidencia de deformación por presión, suele encontrarse alteración de amplitud limitada tipo silicificación, limonitización. Los valores obtenidos son de 3.51 y 13.9 g/t.

Las vetas en pelitas siguen dirección NE, transversales a la estructura y sus valores de Au son menores de 0.25 g/t.

En las rocas del Complejo del Marañón se distinguen asociaciones mineralógicas variadas que indican mayor grado metamórfico (facies esquistos verde-anfibolitas, granulitas?) hacia el oeste (río Marañón) y menor grado de metamorfismo hacia el NE, allí aún puede observarse rocas metasedimentarias.

En las granodioritas – tonalitas se observan texturas primarias inequigranulares, hipidiomórficas y en los monzogranitos y diques sienograníticos son más frecuentes las texturas granofidicas, pertíticas, micrográficas.

Los xenolitos y enclaves que se encuentran en las rocas plutónicas, corresponden a dioritas, microdioritas y rocas máficas tipo hornablendita. Las rocas volcánicas varían de basalto andesitas a riodacitas.

Las vetas de cuarzo Au representan tres estadios en su proceso de formación, el inicial con cuarzo lechoso, rutilo; la etapa I donde el cuarzo gris se infiltra conjuntamente con sulfuros (pirita, esfalerita, calcopirita, moscovita en la alteración), luego en el estadio II las soluciones precipitan cuarzo gris, galena, con sulfosales, electrum, oro y plata nativa. Posteriormente la infiltración meteórica da lugar a alteración supérgena que ocasiona la formación de covelita, hematita-limonitas, hidróxidos de manganeso, carbonatos.

Los elementos mayores expresados a través de los diagramas AFM, y el contenido de SiO_2 versus $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ y K_2O indican que las rocas graníticas del Batolito de Gollón – Callangate son calco alcalinas, subalcalinas y en su mayoría con alto contenido de K. Mientras que los elementos traza generan un gráfico tipo araña, representativo de una tendencia de evolución calco alcalina característica de un ambiente de subducción.

Las rocas plutónicas según las relaciones de yacencia se han emplazado entre el Misissipiano Inferior – Pensilvaniano inferior, y algunas dataciones K-Ar publicadas (Sánchez A., 1995) rinden edades de 346 a 329 millones de años para en las unidades Balsas y Callangate. La mineralización de oro debe haberse emplazado luego de la formación de las rocas ígneas en el Pensilvaniano temprano por correlación con aquella mineralización de Patáz.

Las estructuras con mayor potencial en contenido de Au son aquellas que se encuentran en las granodioritas y tonalitas de grano medio, siguiendo la estructura regional; así mismo aquellas que se encuentran en los esquistos verdes asociados con diques máficos.

1.- INTRODUCCIÓN

1.1 Presentación

Los Andes Centrales y del Norte configuran la imponente orografía que caracteriza al territorio peruano, donde se diferencian claramente las cordilleras occidental y oriental, la primera recorre paralela al litoral constituyendo la divisoria continental de las aguas que drenan al Océano Pacífico y aquellas que drenan al Océano Atlántico, en ella se encuentran esencialmente rocas mesozoicas y cenozoicas tipo volcánicas, plutónicas y sedimentarias, asociadas al arco magmático del mesozoico – cenozoico con el que se relacionan la mayor cantidad de depósitos de Cu, Ag, Pb, Zn, Au, y otros, a modo de pórfidos Cu-Au-Mo, skarn Cu-Zn-Au, sulfuros masivos volcanogénicos, vetas, mantos y chimeneas de baja y alta sulfuración con Cu-Ag-Au-Pb-Zn, vetas y disseminaciones de Sn-W-Ag-Sb. Considerada como el resultado del ejemplo típico de convergencia relacionada a la subducción de la placa oceánica.

Por otro parte, la Cordillera Oriental recorre en dirección paralela a la Cordillera Occidental, aunque 150 Km hacia el levante, se extiende a lo largo de casi todo el territorio peruano y en el SE continúa en territorio boliviano en tanto que hacia el noroeste del Perú disminuye notoriamente su altitud al norte de Lonya Grande, reaparece en territorio ecuatoriano y continúa hacia Colombia. La Cordillera Oriental en su mayor parte está conformada por rocas proterozoicas y paleozoicas; alcanza una altitud máxima de 4,696 m.s.n.m, en el norte del Perú (departamentos de La Libertad, Amazonas y San Martín).

La Cordillera Oriental de los Andes, es la parte menos conocida del orógeno andino. Se encuentra al este del valle longitudinal del río Marañón cuyas altitudes mínimas en el área de estudio varían entre 600 a 700 metros sobre el nivel del mar, se trata pues de un profundo valle encañonado que tiene más de tres mil metros de desnivel, debido a tales características, las condiciones climatológicas son muy diversas, en particular por el hecho que la Cordillera Oriental constituye una barrera a los vientos alisios procedentes de la región amazónica.

El relieve de la Cordillera Oriental es muy accidentado, poco accesible y con escasas vías de comunicación; sus terrenos son mayormente rocas sedimentarias, metasedimentarias, metamórficas e ígneas del Paleozoico y Proterozoico tardío, cuyo núcleo se ha descrito como el Complejo del Marañón (Wilson J. & Reyes L. 1964, Wilson, J., 1984, Sánchez A., 1995).

A lo largo de la Cordillera Oriental se encuentran rocas plutónicas de gran extensión (Figura 1.1) conformando diversos batolitos que son asignados al Paleozoico superior en los mapas de la Carta Geológica. En asociación espacial con algunos de estos batolitos se encuentra mineralización de Au en vetas de cuarzo, tal es el caso del Batolito de Pataz (Schreiber et. al., 1990), localizado entre los 7° 40' y 8° 20' latitud sur, al SE del área de estudio. Allí se han explotado desde la época incaica y durante los últimos 100 años más de 16 minas subterráneas distribuidas entre Pataz, Parcoy y Buldibuyo, que han producido 6 millones de onzas de oro y se estima que sus reservas ascienden a 40 millones considerando la totalidad del cinturón (Haeblerlin Y., 2002).

El Complejo del Marañon y las rocas sedimentarias y volcánicas del Paleozoico inferior y superior que se encuentran como roca caja en el Batolito de Pataz, se extienden hacia el noroeste al área del presente estudio, siguiendo el alineamiento de la Cordillera Oriental, y el valle del Marañon. De igual forma se encuentran cuerpos batolíticos con rasgos petrográficos similares a aquellos de Pataz, en asociación estrecha con rocas metamórficas del Complejo del Marañon.

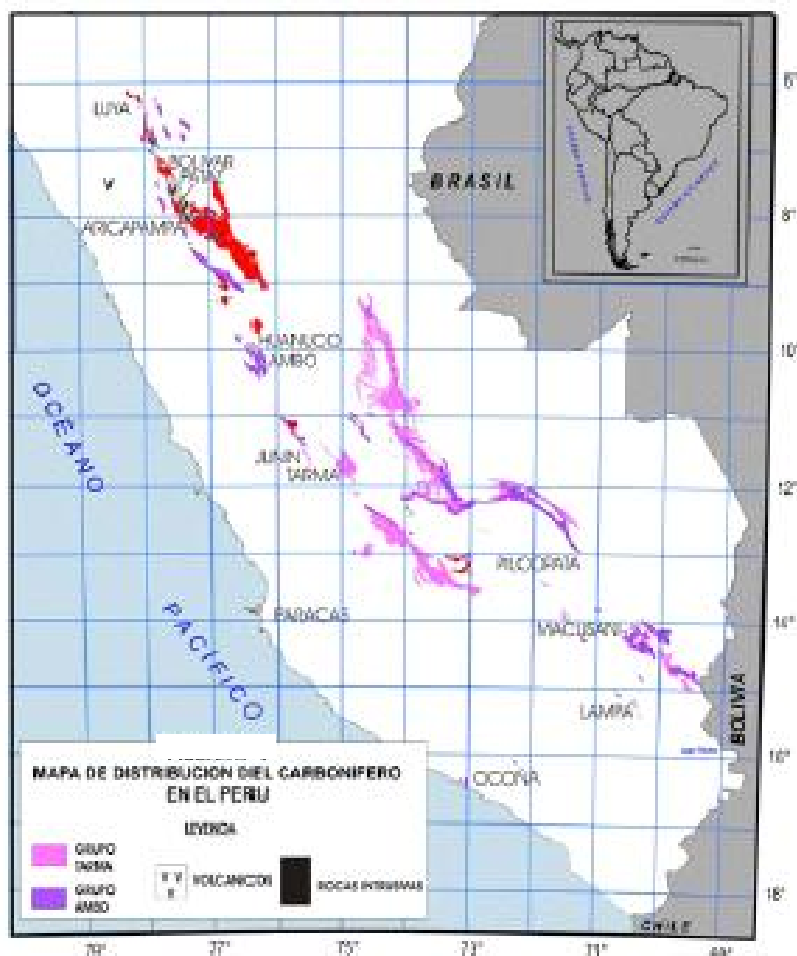


Figura 1.1 Distribución de unidades del Carbonífero en la Cordillera Oriental

Entre los $6^{\circ} 30'$ y $7^{\circ} 30'$ de latitud sur, se tiene el área de estudio, inmediatamente al noroeste del Batolito de Pataz (Figura 1.2) en donde, los estudios de la Carta Geológica del Perú han reconocido unidades plutónicas, volcánicas y metamórficas cuyas características son similares a las unidades identificadas entre Pataz y Buldibuyo, con las cuales se asocia mineralización de Au en vetas de cuarzo.

El área de estudio comprende una superficie limítrofe de los departamentos de La Libertad, Cajamarca y Amazonas entre los poblados de Santo Tomás, Leimebamba, Celendín, Bolívar y Bambamarca. Tiene un relieve accidentado con frecuentes variaciones de altitud mayores de 2000 metros entre los fondos de valles transversales y cumbres de sus flancos, especialmente en el flanco derecho del Valle longitudinal del Marañon que tiene un control estructural al igual que el valle del Utcubamba. A lo largo del Marañon se ha identificado la existencia de oro detrítico y se han explotado artesanalmente algunas vetas de cuarzo con oro. Sin embargo, la información acerca de la existencia de mineralización de Au relacionada a cuerpos plutónicos, así como acerca de las características petrográficas, geoquímicas y estructurales de los cuerpos ígneos asociados con la mineralización es escasa; no se han hecho mayores investigaciones acerca de su fuente primaria ni de los procesos relacionados a su presencia en rocas paleozoicas y del Complejo Metamórfico. Al SE en el Batolito de

Pataz – Buldibuyo si existen investigaciones acerca de la mineralización y las rocas magmáticas, allí operan en la actualidad, por lo menos tres empresas mineras medianas.

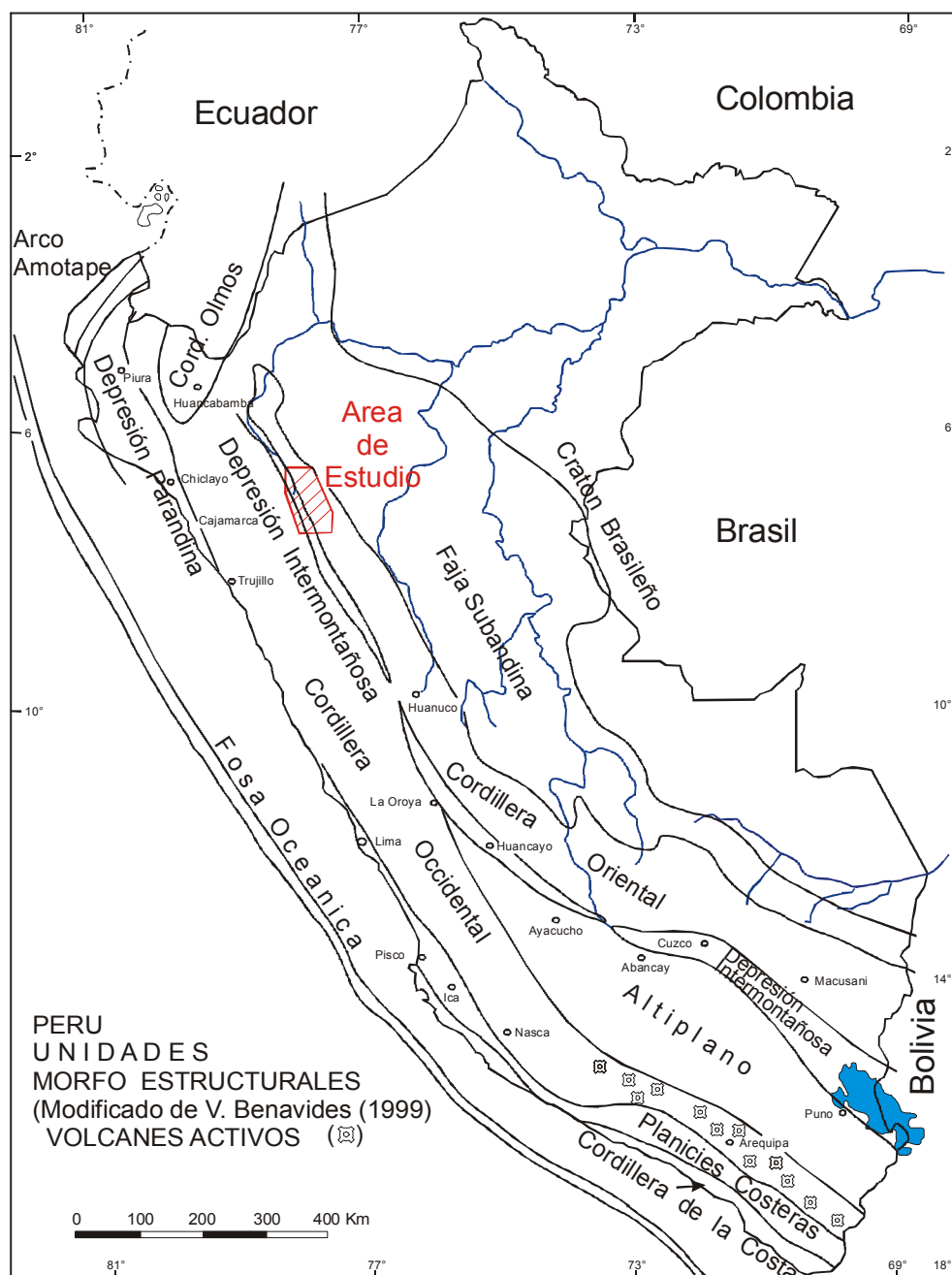


Figura 1.2 Ubicación del Área de Estudio

1.2 Conocimientos Previos

La geología regional y estratigrafía de la cuenca Cajamarca ubicada al oeste del Marañón ha sido estudiada por Steinmann G.; (1930), Broggi J. A., (1942), Tafur I., (1950), Benavides V., (1956), Wilson J., (1963), Reyes L., (1980), siendo los tres últimos autores los que han definido y delimitado las unidades litoestratigráficas y bioestratigráficas así como los rasgos estructurales.

La mayoría de estudios realizados en el sector nororiental del área de estudio, conciernen a los cerros de Caya Caya y el Valle del Utcubamba donde diversos investigadores han descrito la estratigrafía de rocas calcáreas del Permiano Inferior y del Triásico Jurásico inferior (Grupo Pucará) estableciendo

la presencia de fauna fósil y litofacies (Tilman N., 1917, Jaworski E., 1922, Steinmann G. 1930, Weaver C. E., 1942, Robert J.G., en Newell et. al., 1953).

Kummel B., 1950. en su trabajo «Stratigraphic Studies in Northern Peru» describe la sección estratigráfica del Permiano en el Cerro Caya Caya al sur del Abra Barro Negro en la carretera Celendín – Leymebamba. Geyer O., 1979, Hillebrandt A.V., 1981, Loughman D., Hallam A.V. 1982, Prinz P., 1985, etc. han investigado la bioestratigrafía y las facies del Grupo Pucará.

La información geológica sobre el área de estudio (figura 1.2) es escasa, consiste de mapas geológicos regionales a la escala 1:100,000, elaborados en el marco del Programa de levantamiento de la Carta Geológica Nacional, realizado por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), Boletín N° 56 de la serie A publicado en 1995, titulado «*Geología de los cuadrángulos de Bagua Grande, Jumbilla, Lonya Grande, Chachapoyas, Rioja, Leymebamba y Bolívar*». Autor: A. Sánchez F. En tal boletín se describen los rasgos morfológicos, la estratigrafía, las rocas ígneas intrusivas, estructuras, y las ocurrencias de minerales a nivel regional. Es un estudio de geología regional en una extensión de 21,420 km² en la parte septentrional de la Cordillera Oriental y la faja subandina adyacente. Incluye 7 mapas geológicos a escala 1:100,000, en una base planimétrica. En este estudio se establece la estratigrafía regional, identificándose el Complejo del Marañón, unidades del Paleozoico inferior y superior y entre ellas la existencia de secuencias volcánicas del Paleozoico superior que corresponden a la Formación Lavasen descrita por Wilson & Reyes en 1964, como una unidad volcánica del Terciario. Dicho estudio además, ha establecido la litoestratigrafía de las unidades que conforman las cuencas mesozoicas que rodean al macizo del Marañón.

Por otra parte ha diferenciado algunas unidades plutónicas al norte de la provincia de Pataz, estableciendo edades preliminares K – Ar de 346 y 329 millones de años para cuerpos plutónicos que se encuentran al sur de Bolívar. También ha puesto en evidencia mineralización de Zn, Pb, Ag asociada a rocas carbonatadas del Triásico-Jurásico y la presencia de fallas de longitud regional que siguen una orientación NO – SE.

Han contribuido al conocimiento de la Geología de la región estudios que se han realizado en áreas ubicadas al sur entre Pataz y Taybamba, tal es el caso de la «*Geología del Cuadrángulo de Pataz*», de Wilson J. y Luis Reyes R. (1964) publicada como el Boletín N° 9. Editado por la Comisión Carta Geológica Nacional. Ministerio de Fomento y Obras Públicas. Perú. Es esencialmente un estudio estratigráfico- estructural a nivel regional de una extensión de 3000 Km² en el que presenta el primer trabajo sistemático de la geología de una área ubicada a ambos lados del río Marañón y que abarca parte de la Cordillera Oriental. Su principal contribución es haber establecido la presencia de rocas metamórficas atribuidas al Precambriano y designadas como Complejo del Marañón, así como la estratigrafía de rocas paleozoicas y su delimitación, algunas de ellas con evidencia paleontológica. También han delineado las principales estructuras de deformación, resaltando su extensión regional y rumbo andino. Similar aporte hacen Wilson J., Reyes L., y Garayar J., (1967) en el estudio de la Geología de los cuadrángulos de Mollebamba, Tayabamba, Huaylas, Pomabamba, Carhuaz y Huari publicada por el Servicio de Geología y Minería, como boletín N° 16. serie A.

En la obra «Caracteres Generales de la Evolución Geológica de los Andes Peruanos» publicada en 1988. por INGEMMET – ORSTOM, como Boletín N° 12 de la serie D, Estudios Especiales, los autores: Bernard Dalmayrac, Gerard Laubacher, y René Marocco, hacen un resumen del conocimiento de la geología de los andes peruanos al momento de su publicación. Se habla del dominio continental y marino vinculando los rasgos geológicos conocidos a la teoría de tectónica global y correlacionando sus rasgos con América central y Sudamérica, con la placa de Nazca y la fosa Perú - Chile. El mayor énfasis está en la evolución de la sedimentación, la evolución tectónica, estableciendo cuadros cronológicos donde se relacionan los principales procesos geodinámicos a nivel regional. Resume el estado del conocimiento desde el Proterozoico al Reciente, se trata aspectos tales como metamorfismo, deformación, tectónica, magmatismo y paleogeografía.

Se discuten las hipótesis acerca de la subducción que se habría iniciado durante el Permiano, planteando una reconstitución del Continente Gondwana a fines del Paleozoico. Presentan gráficos que se refieren a la formación del Atlántico y la migración del paleocontinente pacífico.

Sigue un procedimiento similar la publicación «*Tectonic Evolution of the Andes of Ecuador, Peru, Bolivia and Northernmost Chile*» cuyos autores son: E. Jaillard, G. Hérail, T. Monfret, E., Díaz Martínez, P. Baby, A Lavenue, and J. F. Dumont, que forma parte del volumen «*Tectonic Evolution of South America*» editado por U.G. Cordani, E.J. Milani, A Thomaz Filho y D.A. Campos; con ocasión del 31st Congreso Geológico Internacional, realizado en Río de Janeiro – Brazil. Agosto 6 – 17 – 2000.

Es una publicación que resume el estado del conocimiento sobre la geología de los Andes entre Ecuador – Perú – Bolivia y el extremo norte de Chile, desde tiempo Proterozoico al Reciente; tratando principalmente aspectos referentes a:

- unidades morfoestructurales y estructura de la corteza
- ambiente de placas tectónicas
- actividad volcánica y sismicidad
- evolución pre-andina del dominio norte y central de los Andes
- evolución pre-orogénica de los Andes septentrionales y centrales
- evolución orogénica de los Andes septentrionales y centrales

Incluyen una síntesis de la actividad neotectónica en los Andes septentrionales y centrales.

Como conclusiones presentan los procesos geodinámicos relacionados a la Orogenia Andina en esta parte de los Andes en lo concerniente al marco cinemático de placas y el rol de los parámetros cinemáticos en la Orogenia Andina.

No existen estudios acerca de la Mineralización en el área del presente estudio, sin embargo si se han hecho investigaciones de la mineralización en la zona de Pataz – Buldibuyo. Las publicaciones han documentado las características de la mineralización aurífera, su distribución y el contexto geológico local, desde Tarnawiecki, C., (1929), Bellido, E. y De Montreuil, L., (1972), Argüelles, V., y Vidal, C., (1982), etc., en 1990, Schreiber D., L. Fontboté, and D. Lochmann, publican en *Economic Geology* vol. 85. pp. 1328-1347. el artículo «*Geologic Setting, Paragenesis, and Physicochemistry of Gold Quartz Veins Hosted by plutonic Rocks in the Pataz Region*», el que resume la estratigrafía entre el yacimiento La Lima y Buldibuyo en la provincia de Pataz, haciendo un cartografiado más detallado de las rocas plutónicas en relación al trabajo antecesor de Wilson & Reyes (1964). Los autores citados han estudiado la petrología ígnea de las rocas batolíticas del área de Pataz, incluyendo geoquímica de elementos mayores y trazas, y presentan dos dataciones Ar⁴⁰- Ar³⁹ en rocas del Batolito de Pataz, que rindieron edades de 321 y 305 millones de años. Además han estudiado la paragénesis mineral en las vetas auríferas e inclusiones fluidas.

Concluyen estableciendo que las vetas de cuarzo aurífero están relacionadas geométrica, temporal y genéticamente al batolito de Pataz. Proponen un modelo liberación de fluido durante la diferenciación del magma y consolidación en niveles profundos y reciclaje de mismos en un sistema de circulación convectiva que involucra al Complejo metamórfico del Marañón del que posiblemente se extrajo oro.

En el Capítulo 8 de la publicación «*Geology and Ore Deposits of the Central Andes*» editada por Brian J. Skinner. Special Publication Number 7. Society of Economic Geologists, Inc. Se incluye el trabajo titulado: «*Geologic and Isotopic Constraints on the Age and Origin of Auriferous Quartz Veins in the Parcoy Mining District, Pataz, Perú*» cuyos autores son: Andrew W., MacFarlane, Richard M. Tosdal, César E. Vidal y Jorge Paredes. Esta publicación corresponde a un centro minero ubicado al sur de Pataz. Los autores describen el marco geológico sustentado el magmatismo carbonífero en base a una edad U – Pb en zircones de una granodiorita del cerro Cabana, a la vez hacen un

recuento de las características de la mineralización y las estructuras relacionadas. Su principal contribución está en el estudio de isótopos de $Pb^{204-208}$, Sm^{147} $Nd^{143-144}$, de rocas ígneas y metamórficas e isótopos de Pb en galenas del distrito de Parcoy.

Sus conclusiones señalan que el Batolito de Pataz marcó el comienzo de un episodio importante de actividad hidrotermal asociada con oro en una región de 160 kilómetros, esta afirmación la hacen basados en los isótopos de plomo. Los Isótopos de Neodimio mayormente del Complejo del Marañón les ha permitido establecer edades modelo de 2.03 y 2.06 miles de millones de años y otras de 1.69 y 1.43. Resultados que ellos vinculan al Macizo de Arequipa en el sur del Perú, debido a que no se ha identificado rocas de tal edad en la Cordillera Oriental y en los Andes en general.

En el año 2002, Yves Haerberlin, publica en el volumen 36 de la revista *Terre & Environnement* de la Universidad de Ginebra, Suiza; una memoria de su tesis titulada :

«Geological and Structural Setting, Age and Geochemistry of the Orogenic Gold Deposits at the Pataz Province, Eastern Cordillera Andean, Peru»

Esta memoria trata acerca de la geología en la provincia aurífera de Pataz, donde se han venido explotando vetas de cuarzo con Au, desde la época incaica. El autor presenta una revisión de la geología regional basado en la Geología del Cuadrángulo de Pataz con mapa a escala 1:100,000 publicado el año 1964 (Wilson & Reyes), también ha considerado la geología de Schreiber D.W., (1989). Su contribución aporta nuevas dataciones Ar^{40} - Ar^{39} de las rocas del batolito de Pataz al cual le asignan edades de 328 y 329 Millones de años y de la mineralización 314-312 Ma. Además, ha hecho estudios de los isótopos estables de O, C, S e inestables de Pb, Sr para interpretar las características de los fluidos mineralizantes y su origen. Con el propósito de establecer la relación entre fluidos hidrotermales y aguas frías ha estudiado inclusiones fluidas a partir de las cuales ha interpretado la precipitación de cuarzo asociado con esfalerita, señalando que las vetas han seguido una trayectoria de descompresión con temperaturas descendientes.

Como resultado de sus estudios concluye que no hubo relación genética entre las vetas de oro y los plutones relativamente someros del batolito de Pataz. Postula que se trata de mineralización tipo orogénica caracterizada por la circulación de fluidos a gran escala relacionados a fenómenos de reequilibrio tectónico y térmico como consecuencia de un engrosamiento cortical. Finalmente hace una comparación con yacimientos de tipo orogénico de Francia y Australia emplazados en plutones durante el Paleozoico medio a superior y con otros yacimientos que se extienden a lo largo de la Cordillera oriental hacia Argentina.

1.3 Planteamiento del Problema

El área entre los $6^{\circ} 30'$ y $7^{\circ} 30'$ de latitud sur en la Cordillera Oriental y valle del Marañón no tiene estudios del magmatismo ni de la mineralización aurífera, siendo una zona con potencial minero de acuerdo a sus rasgos geológicos; ya que se encuentran rocas ígneas y evidencias de la explotación artesanal de vetas de cuarzo con oro.

Aproximadamente 20 km al sudeste del extremo sur del área de estudio, se encuentra el yacimiento aurífero de La Lima que constituye el yacimiento más septentrional del distrito minero Pataz – Parcoy – Buldibuyo, constituido por depósitos tipo vetas de cuarzo y oro emplazadas mayormente dentro de rocas graníticas, y distribuidas en un corredor estructural a lo largo de 60 kilómetros. Allí, se han hecho diversas investigaciones acerca del magmatismo y la mineralización de oro, considerandole como una zona de gran potencial en yacimientos de vetas auríferas tipo orogénico (Haerberlin 2002).

El área entre los $6^{\circ} 30'$ y $7^{\circ} 30'$ de latitud sur en la Cordillera Oriental (Bambamarca – Balsas - Santo Tomas) forma parte de la misma unidad morfoestructural que aquella de Pataz – Parcoy - Buldibuyo, por lo cual se considera que es posible la existencia de depósitos similares a aquellos de

Pataz, se plantean las siguientes interrogantes:

¿Qué características tienen las rocas graníticas del norte entre los 6° 30' y 7° 30' de latitud sur son similares a aquellas de Pataz, es su composición favorable para la existencia de Au?

¿Existe mineralización o potencial de mineralización de Au entre los 6° 30' y 7° 30' de latitud sur?

De existir mineralización ¿en que tipo de rocas graníticas se encuentra y como correlacionan con las rocas de Pataz – Parcoy – Buldibuyo?

¿Que características tiene la mineralización, respecto a contenido, mineralogía, estructura mineralizada, etc.?

Por otra parte se plantea la necesidad de establecer cual es la relación genética entre las rocas graníticas y las rocas volcánicas. Asimismo, otras interrogantes que no se pretenden tratar en el presente estudio se refieren al origen de la mineralización y su relación con el magmatismo, el contenido de oro del Complejo del Marañón y el rol desempeñado con respecto a la mineralización. Los mecanismos de emplazamiento y la edad de la mineralización mediante dataciones numéricas.

1.4 Objetivos

El objetivo general del estudio planteado es: conocer las características geológicas de la Cordillera Oriental en el Norte del Perú en relación con la mineralización aurífera.

Específicamente se trata de:

- Estudiar las rocas ígneas respecto a su petrografía, geoquímica y edad de emplazamiento.
- Estudiar la mineralización existente, en relación con las rocas de caja y los rasgos estructurales en el contexto de la geología regional.

Como hipótesis de trabajo se plantea la idea que tanto las rocas plutónicas como las volcánicas estarían relacionadas genéticamente en un contexto de convergencia de placas durante el Carbonífero.

1.5 Marco Geológico

Las principales unidades litoestratigráficas que se encuentran en la región de estudio se incluyen en la columna estratigráfica compuesta (figura 1.3) del área entre Bolívar y Leimebamba; su distribución espacial, así como las principales estructuras que existen en la zona se ha registrado en el Mapa Geológico simplificado (figura 1.4). Se distinguen las siguientes unidades estratigráficas separadas por discordancias: el Complejo del Marañón, las unidades del Paleozoico inferior, Paleozoico superior, la secuencia carbonatada del Triásico superior – Jurásico inferior, y las unidades cretácicas.

1.5.1 Complejo del Marañón

Fue descrito inicialmente por Wilson J. y Reyes L. (1964) en la región de Pataz y registrado luego, hacia el sudeste a lo largo del Marañón (Wilson J., Reyes L., Garayar J., (1967). Este complejo incluye rocas metamórficas, metasedimentarias metavolcánicas e intrusivas, que constituyen el basamento más antiguo en la región. Entre Pataz – Parcoy se encuentra en los flancos del río Marañón y consiste mayormente de filitas grises y verdes con algunos esquistos micáceos y esquistos grafiticos; mas hacia el sur desde Sitabamba hacia Huacrachuco se han identificado gneises graníticos con texturas granolepidoblásticas y tectónicas, que destacan por la presencia de feldespatos de gran tamaño (Foto 1.1)

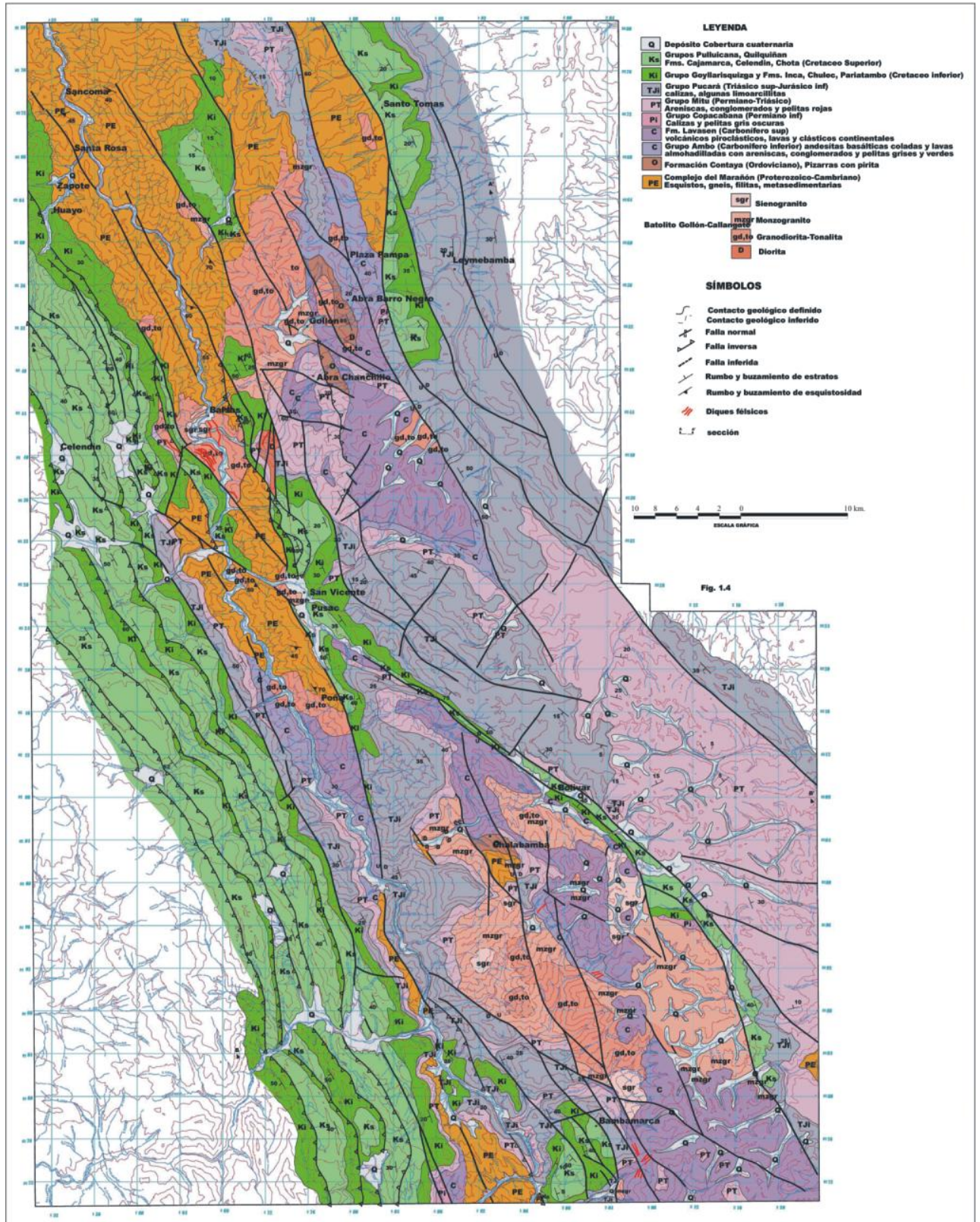


Figura 1.4 Mapa Geológico entre Bambamarca y Santo Tomás

Justamente en los alrededores de Poña y hacia el norte de Lavador, se encuentran paragneises, gneises migmatíticos, esquistos, anfibolitas, filitas y algunas apófisis de rocas intrusivas. Este basamento se prolonga como una franja en dirección NNO, alcanzando mayor extensión a continuación de Cochabamba – Yombión; existen también algunos ortogneises de composición tonalítica a granodiorítica. Sus afloramientos generalmente constituyen bloques limitados por fallas regionales de dirección NO – SE.

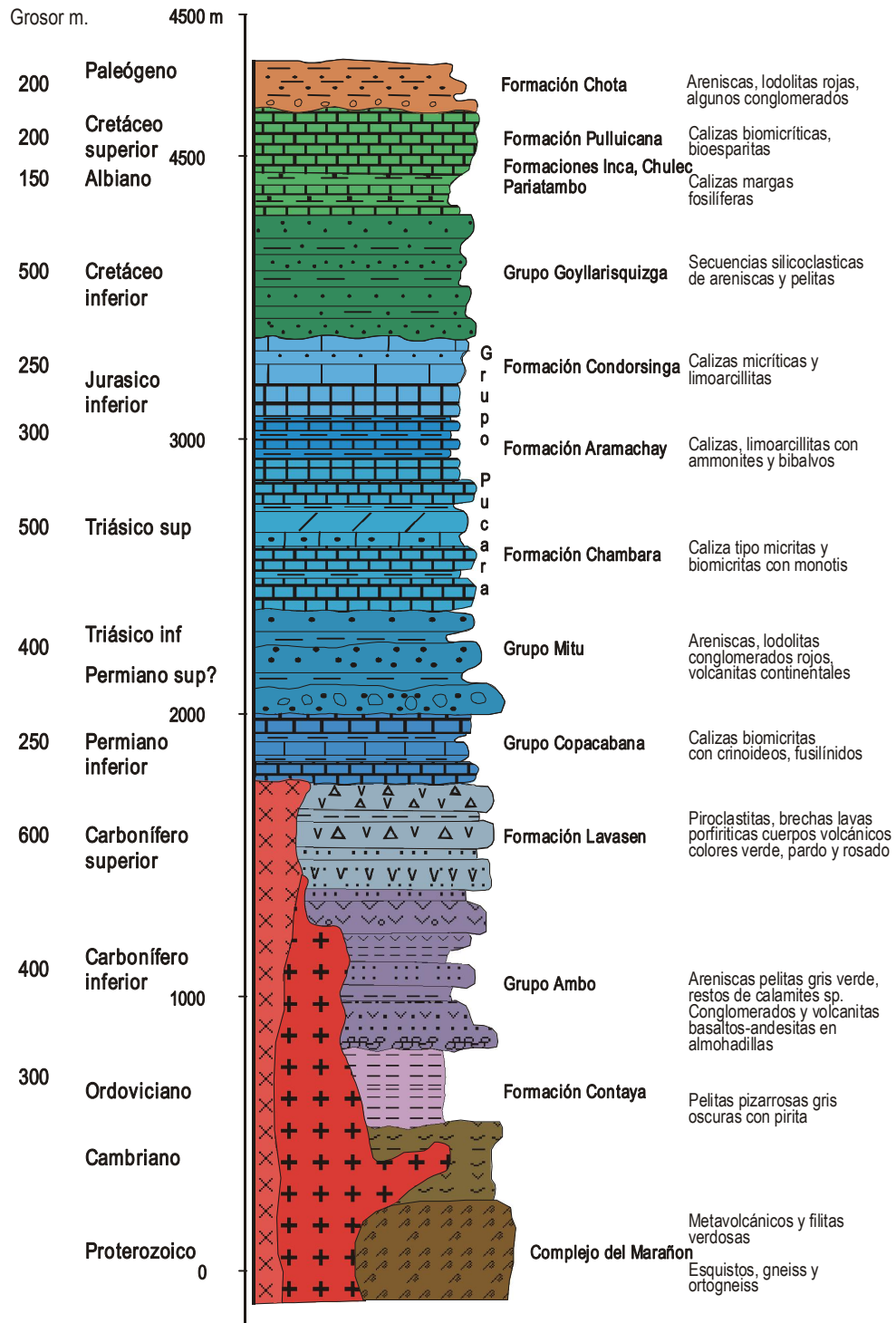


Figura 1.3 Columna Estratigráfica compuesta del área Bolivar-Leimebamba

En rocas del Complejo del Marañon que se encuentran entre los 6° a 7° de latitud sur, A. Sánchez (1995) señala como las asociaciones de minerales mas frecuentes:

- cuarzo+moscovita+antofilita+ andalucita+sillimanita
- cuarzo+plagioclasa+biotita+feldespatos potásico+granate
- cuarzo+moscovita+andesina+ortosa+granate+sillimanita
- cuarzo+anfíbol+plagioclasa+clorita
- cuarzo+moscovita+clorita
- cuarzo+moscovita+grafito+hornablenda+olivino+piroxeno+actinolita
- cuarzo+albita+biotita+granate

El metamorfismo regional del Complejo del Marañón en la zona de estudio corresponde mayormente a las facies esquistos verdes a anfibolita de bajo grado, relacionados a cuatro etapas de deformación de acuerdo con las estructuras y microestructuras observables. Se puede reconocer esquistosidad penetrante con remanentes de una foliación discordante más antigua, aquella a su vez ha sido sobre impuesta por un clivaje de crenulación levemente penetrativo y finalmente se observa un clivaje discontinuo débil.

El Complejo del Marañón por su posición subyacente a rocas cambriano-ordovicianas es considerado del Neo-Proterozoico, correlacionable con las rocas metamórficas polideformadas que se han descrito en el Perú central por Mégard (1978), Dalmayrac et. al. (1980) quienes han obtenido edades U/Pb entre 630 y 610 millones de años en gneises que se encuentran al Este de la ciudad de Huánuco.

En las rocas del Complejo se encuentran en algunos casos abundantes bandas de cuarzo blanco y cuerpos lenticulares, así como algunos diques gris verdosos. No se tienen análisis acerca del contenido de Au en las rocas metamórficas a excepción de los resultados de activación neutrónica publicados por Schreiber et. al. (1990) que asignan valores entre 4.3 a 10.2 ppb para filitas y filitas con grafito.

1.5.2 Cambriano - Ordoviciano

De manera preliminar se consideran como rocas del Cambriano – Ordoviciano a aquellas, rocas metasedimentarias y metavolcánicas afectadas por un metamorfismo de bajo grado, que se encuentran en los afloramientos orientales del Complejo del Marañón ubicados al oeste de Santo Tomás donde se observa cuarcitas, mármoles, calizas, metapelitas y metareniscas en las que aún se puede identificar la estratificación, y una esquistosidad débil a moderada; si bien en algunas partes han sido cortadas por vetas y venillas de cuarzo blanco y en otras el cuarzo concordante puede ser resultado de concentración a partir de los procesos metamórficos; se puede identificar esta unidad a lo largo de los caminos que van hacia el oeste o sudoeste a partir de la carretera que une los poblados de Santo Tomás - San José de Lauman – San Salvador. Al sur de Chalabamba entre Molinete y Shallcapata, se encuentran rocas metavolcánicas, metareniscas, metapelitas y algunas filitas que yacen debajo de pelitas pizarrosas de la Formación Contaya.

Al sur de Pataz, se considera como unidades cámbrico-ordovicianas a una sucesión de rocas meta volcánicas y meta sedimentarias de color verde a gris pardo que se encuentran en la bajada Aricapampa – Chagual y en la subida del río San Miguel a Bella Aurora – Choloque, así como en la carretera Bella Aurora Vaquería. La unidad inferior que se encuentra al sur de Chagual hasta la desembocadura del río San Miguel es una secuencia de rocas meta volcánicas gris verdosas, con intercalaciones de areniscas púrpuras, conglomerados finos y capas de lutitas delgadas; también se pueden identificar ignimbritas de color marrón grisáceo, altamente meteorizadas de composición dacítica a riolítica con afinidad tipo arco volcánico (Haeberlin, 2002).

La segunda unidad es una alternancia de meta areniscas y meta pelitas grises a pardo grisáceas en estratos con grosores entre 15 a 80 cm. que muestran una esquistosidad ligeramente penetrante paralela a la estratificación y con evidencia de deformación moderada.

Las meta areniscas son rocas de grano medio a grueso que tienen clastos redondeados de mayor tamaño y clasificación regular; bajo el microscopio se observa deformación y micro estructuras orientadas resultantes de la deformación mecánica.

Luego se tiene una secuencia de meta areniscas en estratos entre 50 cm. a mayores de 1 metro con intercalaciones de meta pelitas grises, en general se observa claramente estratificación y una esquistosidad incipiente relacionada a la deformación de tipo regional, notándose la presencia de cuarzo con extinción ondulante y muscovita.

Esta unidad tiene esquistosidad casi paralela a la S_0 , sin pliegues y micropliegues evidentes, no obstante en algunos lugares próximos a fallas regionales la deformación ha sido mas intensa.

Considerando que esta unidad yace sobre las rocas metamórficas del Complejo del Marañón y que subyace a las sedimentitas fosilíferas de la Formación Contaya, se le atribuye una edad cambriana a ordoviciana inferior; Esta unidad es correlacionada con la Formación Ollantaytambo de la Cordillera de Vilcabamba en la región del Cuzco y el valle del Apurímac, así como con unidades similares que se encuentran en la parte occidental de la región de Huánuco y al sudeste de Jauja.

1.5.3 Ordoviciano –Formación Contaya

El Ordoviciano en el Perú es definido por la presencia de fósiles en la Formación Contaya; su nombre como unidad litoestratigráfica proviene de los Cerros de Contaya, en el oriente peruano, donde se encuentran pizarras grises, laminadas con *Didymograptus murchisoni* y otros graptolites, descritos por Newell N. D., & Tafur I., en 1943. Afloramientos de la Formación Contaya se encuentran en el corte de carretera Balsas –Leimebamba al oeste del Abra Barro Negro, en las nacientes del río Saullamur y entre Chalabamba y Molinete al sudoeste de Bolívar. Consiste de limoarcillitas pizarrosas de color gris con abundante pirita en planos de estratificación verticales y dirección NNO, cerca al Abra Barro Negro, cortados por algunos diques andesíticos de textura porfirítica. Mientras que en Chalabamba tiene inclinaciones suaves a moderadas (foto 1.2) hacia el noreste, esta pelitas son cortadas por diques porfiríticos y algunas vetas de cuarzo lechoso; en ambos casos yace debajo de rocas del Grupo Ambo y/o Formación Lavasen. Al sudeste en la región de Pataz se ha identificado los siguientes graptolites: *Didymograptus sagitticaulis* Gurley, *Climacograptus ruedemanni* Steinmann, *Diplograptus sp.*, *Dyctionema sp.* (Wilson y Reyes, 1964) que indican una edad Llanvirniana correspondiente al Ordoviciano medio.

En la región de Pataz esta unidad se encuentra entre la Succha - Soquian la parte sur de Aricapampa cubriendo a las meta sedimentitas del Cambriano-Ordoviciano en discordancia angular; se trata de lutitas pizarrosas y pizarras negras ligeramente metamorfizadas con algunas areniscas y cuarcitas. Se ha identificado el contenido de graptolites, especialmente al sur de Bella Aurora y al costado de la carretera a Curoubamba. Se estima que tiene un grosor aproximado de 600 m.

La presencia de graptolites junto a las características de las litofacies hacen presumir que su ambiente de sedimentación fue marino profundo como resultado de subsidencia de la cuenca y posiblemente se dieron corrientes de turbidez.

Las pizarras de la Formación Contaya muestran una esquistosidad tenue que no ha afectado al contenido de fósiles, no obstante, se observa un clivaje pizarroso moderado y desaparición de estructuras sedimentarias. En el extremo SE del cuadrángulo de Pataz, al oeste de Curoubamba las pelitas de la Formación Contaya yacen discordantemente debajo del Grupo Ambo.

1.5.4 Carbonífero

El Carbonífero en territorio peruano se caracteriza por la presencia de litofacies sedimentarias clásticas, volcánicas sedimentarias y carbonatadas, en asociación con rocas plutónicas e intrusivos menores; este conjunto se encuentra a lo largo de los Andes peruanos (Figura 1.1) como ocurrencias aisladas en la costa y más frecuentes en el sector occidental de la Cordillera Oriental.

Las litofacies sedimentarias y volcánicas sedimentarias se han descrito como Grupo Ambo y se consideran como molasas típicas post tectónicas de colores grises, verde y marrón resultantes de la erosión de relieves ante-carboníferos; generalmente empiezan con un conglomerado polimictico con clastos de: cuarzo lechoso, rocas metamórficas, rocas intrusivas, cuarcitas, etc., sobre estos se intercalan areniscas feldespáticas, micáceas con estratos pelíticos carbonosos y escasos lechos de carbón con restos de plantas.

Afloramientos del Grupo Ambo se encuentran al sur de Chuquibamba (Amazonas) en Barro Negro hasta las proximidades de la localidad de María (cuadrángulo de Chachapoyas); también forma parte de la Cordillera de Yasgolga (al este del Valle del Utcubamba) hasta la quebrada Papayacu 3 Km al sudeste de la ciudad de Chachapoyas (Amazonas), en estas últimas localidades las litofacies comunes son areniscas subcuarzosas y cuarzosas, limoarcillitas, limolitas grises y verdes en las que se han encontrado restos de plantas del Missisipiano (Sánchez A. 1995), este conjunto yace sobre rocas del Paleozoico inferior y del Neoproterozoico en discordancia angular suave.

Las litofacies clásticas también se encuentran en Barro Negro y hacia el Este se tiene lavas almohadilladas (Foto 1.3), lo cual indica una actividad ígnea extrusiva intermitente durante el Carbonífero. En el mapa geológico se ha representado al Grupo Ambo mayormente detrítico que se encuentra en el valle del Marañón desde Jecumbuy al noroeste, al sudeste de Chuquibamba y en Barro Negro hacia el norte en la parte más alta de la Cordillera (Figura 1.4)

Se encuentra bien expuesto y desarrollado entre Huacrachuco – Chilia – Aricapampa – Sartinbamba (Pataz – Buldibuyo) donde se han distinguido de abajo hacia arriba: una secuencia continental de 600 metros de grosor, luego grauvacas y lutitas gris verdosas con braquiópodos y lamelibranquios, y en la parte superior 500 m de areniscas, pelitas grises, tobas y volcanitas redepositadas de color verde, que corresponden a una cuenca mixta marina y continental (Dalmayrac et. al. 1978).

El Grupo Ambo representa la acumulación de sedimentos continentales y marinos, asociados con volcanismo bimodal basáltico-andesítico – riodacítico tipo marino a continental que se desarrolló en el sector oriental principalmente al este del actual valle del Marañón y que involucra parte de la Formación Lavasen. Presenta estructuras sedimentarias sin mayor evidencia de deformación, se observan pliegues moderados y una relación discordante sobre el Complejo del Marañón, la secuencia Cámbrico- Ordoviciano, y/o la Formación Contaya.

Los restos de plantas encontradas en el Grupo Ambo como son *Calamites sp.*, *Rhacopteris sp.* y la fauna marina han sido atribuidos al Missisipiano medio (Wilson y Reyes 1964, Wilson et. al. 1967, Sánchez A., 1995) de acuerdo a su correlación y similitud con los fósiles estudiados en el área de Huánuco por Newell (1953).

Sin embargo al este del alineamiento Buldibuyo – Parcoy – Chagual y hacia el Norte el Valle de Marañón, en las partes altas de la Cordillera, se observa un conjunto de rocas volcánicas verdosas, piroclásticas, brechas e ignimbritas que tienen intercalaciones de areniscas y pelitas grises a marrones en donde Sánchez J. et. al. (1998) reportan restos de plantas del Carbonífero, el conjunto sobrepasa los 1000 metros de grosor y se extiende desde el sector noreste de Huaylillas (La Libertad) hasta el Abra Barro Negro (Amazonas), a este conjunto se ha cartografiado como Formación Lavasen,

En la Formación Lavasen es una secuencia de rocas piroclásticas macizas tipo brechas, tobas, ignimbritas y algunos flujos lávicos que se encuentran en capas gruesas con buzamientos hasta de 30° (Foto 1.4) y constituye un relieve muy abrupto de rocas piroclásticas que yacen sobre una superficie erosionada en las rocas metamórficas del Complejo del Marañón, en algunos casos sobre la granodiorita del Batolito Pataz - Parcoy según Wilson y Reyes (1964) y sobre rocas del Paleozoico inferior.

La Formación Lavasen yace debajo del Grupo Mitu, y se interdigita con el Grupo Ambo, por tal circunstancia se considera del Carbonífero.

También se ha observado que las rocas de la Formación Lavasen están cortadas por intrusivos rosados con alto contenido de feldespatos alcalinos que representan las últimas etapas intrusivas del Batolito.

1.5.5 Permiano – Triásico inferior

Regionalmente se conoce que durante el Pensilvaniano tardío y el Permiano temprano una plataforma carbonatada cubre discordantemente las molasas del Grupo Ambo; sin embargo, en la zona de estudio existen tres escasos testigos de esta plataforma uno en el extremo meridional del área en el río Chusgón, otro en lo cerros de Caya Caya al sudeste de Barro Negro y un tercero al sudeste de Bolívar. En estos lugares se tienen calizas, calizas arenosas con algunas intercalaciones de pelitas gris oscuras en estratos delgados y con restos de *Spirifer*, *Productus* corales y crinoideos, ostracodos y fusulínidos. Se interpretan como depósitos marinos de poca profundidad, su grosor es 200 m.

Los afloramientos del río Chusgón y vecindades de Caya Caya tienen contactos tectónicos con unidades más antiguas mientras el contacto superior es una leve discordancia con los conglomerados y areniscas del Grupo Mitu.

Los restos fósiles encontrados permiten considerar una edad Leonardiana del Permiano considerando la presencia de *Parafusulina Kummeli* Roberts (Kummel B., 1950)

En el Permiano Tardío al Triásico temprano se registra una sedimentación continental y magmatismo efusivo e intrusivo, relacionados el ascenso del territorio y su exposición a erosión intensa (Dalmayrac B., et. al. 1988), como resultado de un régimen tectónico en extensión. El producto se conoce actualmente como Grupo Mitu que es una secuencia de rocas clásticas continentales de color rojo, cuyos componentes litológicos son: areniscas (líticas, grauvacas feldespáticas, arcosas) lodolitas y conglomerados polimícticos (Foto 1.5), también se intercalan rocas piroclásticas y brechas polimícticas por ejemplo en el río Chacahuayco.

Su deformación es moderada y similar a aquella del Grupo Copacabana aunque su ocurrencia es más frecuente y notoria. De acuerdo a su posición estratigráfica, el Grupo Mitu yace con leve discordancia sobre el Grupo Copacabana e indistintamente sobre el Complejo del Marañón, las unidades Cambriano-Ordovicianas y sobre el Grupo Ambo en discordancia angular, notándose un traslape de unidades más antiguas hacia el oeste

Su contacto superior es una discordancia de ángulo variable con las calizas del Grupo Pucará del Triásico superior, por cual de acuerdo a su posición estratigráfica el Grupo Mitu pudo haberse depositado entre el Permiano medio y el Triásico medio.

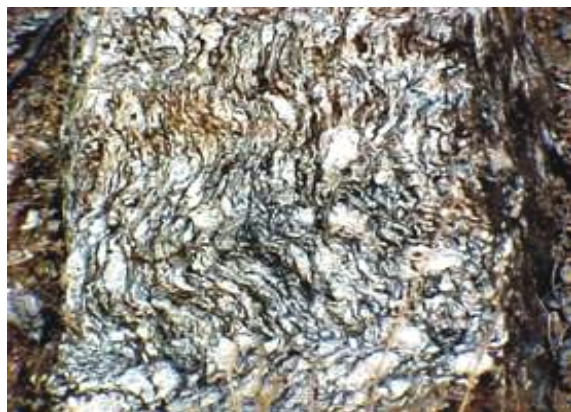


Foto 1.1 Roca granítica gneisificada con megacristales de feldespatos en el Complejo del Marañón



Foto 1.2 Pelitas gris oscuras pizarrosas de la Formación Contaya al sur de Chalabamba, se observan exudaciones de color blanco amarillento.



Foto 1.3 Lavas en almohadillas al este de Barro Negro, corte de carretera a Leimebamba



Foto 1.4 Formación Lavasen en Qda. Yarnalen viendo hacia el E abajo textura piroclástica



Foto 1.5 Conglomerados polimícticos en el Grupo Mitu en Molinete



Foto 1.6 Viendo hacia el Sur Gr. Mitu parte inferior y arriba calizas del Grupo Pucará. Chuñuen.

Foto 1.5 Conglomerados polimícticos en el Grupo Mitu en Molinete

Foto 1.6 Viendo hacia el Sur Gr. Mitu parte inferior y arriba calizas del Grupo Pucará. Chuñuen.



Foto 1.7 Grupo Pucara sobre Complejo y rocas plutónicas en Cordillera. Oriental vista al sudeste camino a Pircapampa



Foto 1.8 Areniscas cretácicas en carretera Celendín – Balsas

1.5.6 Triásico superior – Jurásico inferior

Luego de la acumulación del Grupo Mitu relacionado a un proceso de levantamiento, en el Triásico superior se produce una transgresión marina que fosiliza el relieve pre existente dando inicio al ciclo andino (Dalmayrac B., et. al. 1988). Como resultado se acumuló la secuencia carbonatada clástica del Grupo Pucará, que la constituyen tres formaciones: Chambará, Aramachay y Condorsinga, cada una de ellas se diferencia por su posición, la estratonomía y petrografía de las calizas, las intercalaciones clásticas, el contenido de fósiles y otros elementos petrográficos como son los nódulos

y concreciones, en general se encuentran micritas, biomicritas y calizas espáticas, algunas bituminosas y otras con lentes y concreciones irregulares de sílice negra; también se han encontrado algunas coquinas. La unidad inferior es la Formación Chamará se le distingue por sus estratos gruesos en la parte inferior (foto 1.6), (1.7) y el contenido de fósiles del Noriano-Retiano; le sobreyace la Formación Aramachay constituida por calizas y limoarcillitas en estratos tabulares y delgados con alto contenido de fósiles, especialmente ammonites y la presencia de nódulos aproximadamente esféricos u ovalados, hasta de un metro de diámetro; hacia arriba la Formación Condorsinga presenta estratos gruesos y delgados y en algunas partes incluye intercalaciones de rocas clásticas finas de color verde y gris.

El contenido de paleofauna es importante y suficiente para establecer la edad de este Grupo entre el Noriano y Sinemuriano y además permiten caracterizar el ambiente de sedimentación marina como de tipo subtropical a tropical con aporte detrítico restringido y las litofacies dependientes de su posición en la cuenca de sedimentación, pueden encontrarse diversas estructuras sedimentarias como son: laminación paralela, ondulada, estratificación sesgada, lenticularidad, bioturbación, presencia de fragmentos orgánicos, estructuras de deformación penecontemporánea, etc.

El Grupo Pucará yace sobre el Grupo Mitu discordantemente y subyace a las areniscas del Cretáceo inferior en discordancia angular alcanzando ángulos hasta de 20°. Además se han encontrado restos fósiles correspondientes a *Monotis* que corresponden al Noriano (Triásico tardío), ammonites *Vermiceras*, *Arnioceras*, *Psiloceras*, *arietites* y *pecten peruanus* que indican el Sinemuriano, y *Cruciloboceras del Pliensbachiano* (Prinz, P., (1985), según ello su acumulación ha debido ocurrir entre el Triásico Superior y Jurásico Inferior.

1.5.7 Cretáceo inferior

La ausencia de unidades del Jurásico superior en la región cordillerana se suele interpretar como una reorganización del patrón paleogeográfico y una emersión de la región o bloque de la Cordillera Oriental, referido como Arco del Marañón (Benavides V., 1999) o geanticlinal del Marañón (Wilson, J., y Reyes, L., 1964) que se sustentan debido a la presencia de litofacies continentales de capas rojas (Formación Sarayaquillo) justo a partir del Valle del Utcubamba hacia el levante. En la zona de estudio se produjo una sedimentación silicicoclástica que dio lugar a la secuencia de areniscas cuarzosas, de color blanco rojizo, blanco grisáceo en capas con grosores mayores de 40 cm., intercalados con limolitas y limoarcillitas grises, verdes y rojizas en las secciones media y superior de la secuencia (foto 1.8), las que en total suman grosores de 300 a 500 metros, que se incrementan hacia el oeste en la cuenca occidental peruana y hacia el este en la cuenca oriental o cuenca Huallaga en esta latitud.

Las areniscas del Cretáceo inferior en el área de estudio se describen como Grupo Goyllarisquizga indiviso ya que en la práctica no es posible separar las formaciones que si se pueden cartografiar al oeste.

Como puede verse en la figura 1.4, esta unidad tiene amplia distribución en ambos flancos del valle del Marañón y en el flanco izquierdo del valle del Utcubamba. En general el Grupo Goyllarisquizga yace discordantemente sobre las unidades precedentes y de acuerdo a algunos restos de plantas se le considera de edad Valanginiana – Aptiana.

El contacto superior de las areniscas del Grupo Goyllarisquizga es concordante con calizas del Albiano registradas como formaciones Inca, Chulec y Pariatambo o Formación Crisnejas (Benavides V., 1956). Igualmente sus grosores son variables y se incrementan hacia el oeste y este, su litología consiste de calizas y margas de colores cremas a pardo claro generalmente en capas delgadas a medias que tienen una expresión morfológica más suave, puede encontrarse calizas ferruginosas en la base y en la parte superior algunas calizas negras, bituminosas. Su contenido de paleofauna es abundante y corresponde al Albiano inferior a medio.

1.5.8 Cretáceo superior

Sobre las calizas del Albiano yacen concordantemente calizas en estratos gruesos mas resistentes a la erosión, que se han cartografiado hacia el oeste como las unidades: Grupos Pulluicana y Quilquiñan, formaciones Cajamarca y Celendín; en el arco del Marañón se le ha cartografiado sólo como Grupo Pulluicana debido a su poco grosor y al acuñamiento e inexistencia de algunas unidades como el Grupo Quilquiñan, las formaciones Cajamarca y Celendín. Las calizas del Cretáceo superior son mayormente biomicritas, dismicritas, bioespáticas, y calizas arcillosas; en estratos tabulares y con superficies de estratificación ondulada.. Hacia el levante se correlaciona con la parte superior de la Formación Chonta.

En el sector occidental y sur del área de estudio se encuentra una secuencia de conglomerados, areniscas y lodolitas rojas que se conocen como Formación Chota, las que sobreyacen a las calizas de Pulluicana con discordancia erosiva. Esta unidad se considera del Cretáceo superior – Paleógeno.

1.5.9 Estructuras y Deformación

Examinando las unidades estratigráficas en orden cronológico se nota que las rocas con mayor grado de metamorfismo dentro del **Complejo del Marañón** han sufrido polideformación (figura 1.5), pueden reconocerse cuatro procesos de deformación que han dado lugar a las microestructuras que caracterizan a este metamorfismo de extensión regional. Los afloramientos del Complejo del Marañón están delimitados por fallas regionales que separan bloques con altitudes variables entre los 1800 y 3300 – 3400, ello puede advertirse al seguir itinerarios de oeste a este a partir del río Marañón en el sector norte del área de estudio y también en los perfiles sección (Figura 3.4), de modo que se tienen bloques del Complejo levantados desigualmente y en forma escalonada. La esquistosidad predominante varían ONO – NO – N-S.

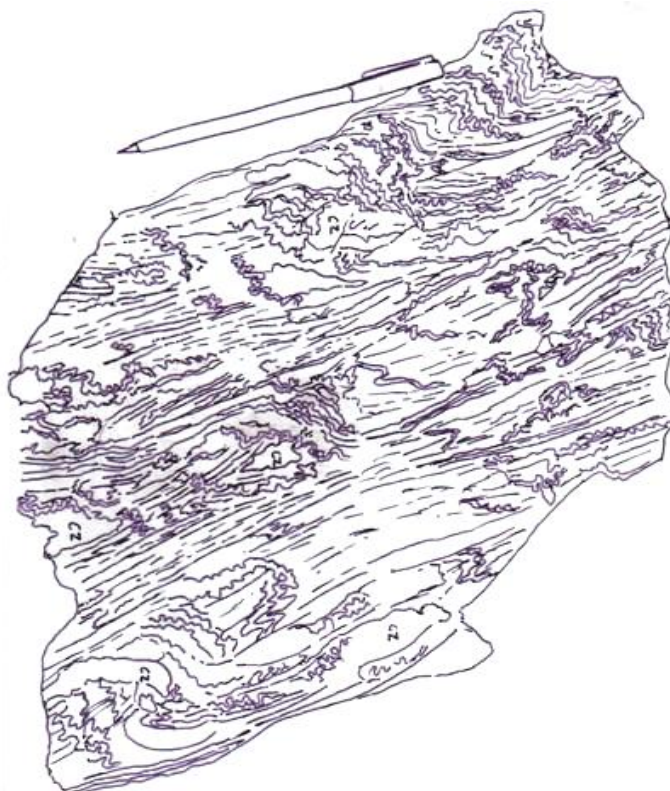


Figura 1.5 Roca con bandas o vetillas de cuarzo en pliegues disarmónicos y segmentadas en el corte de carretera al Noreste de Balsas, margen derecha del río Marañón

Las unidades del **Cambriano- Ordoviciano** registran menor grado de deformación y metamorfismo y se caracterizan por presentar esquistosidad penetrante simple, que no ha destruido aún la estratificación original del protolito. La **Formación Contaya** tiene buzamientos verticales y clivaje pizarroso moderado a suave de modo que en algunas localidades aún se preservan los restos fósiles, sobre todo en la región de Pataz.

En las rocas del **Carbonífero** se observan inclinaciones y pliegues moderados y afloramientos limitados por fallas en el sector oriental del río Marañón. Se tienen relaciones de discordancia angular sobre las rocas más antiguas y en algunos casos presencia de conglomerados.

El **Permiano Triásico inferior** es una secuencia mayormente continental con buzamientos moderados a suaves, especialmente al este de Bolívar donde puede notarse en algunos casos capas subhorizontales a alturas de 4000 metros; si hay pliegue estos son de arrastre en relación a fallas regionales.

El **Grupo Pucará** ha sido afectado por la tectónica andina de manera diferente y en relación con las propiedades reológicas del material y su distribución respecto a los bloques de rocas del basamento. Las **rocas cretácicas** han sido afectadas por plegamiento y fallamiento con tendencia de empuje hacia el noreste, y conforman la zona imbricada (Figura 3.3) descrita por Wilson J., Reyes, L., (1964), ubicada al oeste del bloque Paleozoico – Proterozoico del Marañón. Los afloramientos que se encuentran sobre el bloque del basamento tienen pliegue moderados a suaves y han sido afectados por fallas que han ocasionado el descenso de rocas a modo de graben. Sin embargo la deformación es variable y puede notarse por ejemplo al norte de Pusac – San Vicente fallas inversas de tendencia al ENE en la secuencia cretácica.

Pliegues y fallas siguen la dirección andina NO – SE, se observa un leve cambio en la dirección de las estructuras entre Celendín y Balsas. .

2.- METODOLOGÍA

Se describe el procedimiento seguido y en el anexo 7 se dan mayores detalles de los procedimientos analíticos de elementos mayores, trazas, multielementos e inclusiones fluidas.

2.1 Procedimiento de Estudio

Para alcanzar los objetivos propuestos, se han realizado tareas mutuamente complementarias y alternantes de gabinete, de campo y de laboratorio. La secuencia seguida involucró las actividades siguientes:

- 1- Búsqueda y revisión de la información bibliográfica.
- 2- Adquisición de la información cartográfica digitalizada que sirvió como mapa base, se empleó mapas topográficos a escala 1: 100,000, 1:50,000. A la vez se hizo la adquisición de imágenes satelitales, fotos aéreas y otra información en formatos de mapas, perfiles, e ilustraciones relacionadas al tema en estudio.
- 3- Interpretación de imágenes de Satélite Landsat TM 7,4,2 RGB y Aster 3,2,1 RGB impresas en los laboratorios del INGEMMET, y de fotos aéreas de vuelo alto. Lo cual ha permitido la elaboración del mapa geológico en base a la interpretación de imágenes y fotos, empleando la información geológica existente.
- 4- El estudio de campo tuvo los siguientes propósitos:
 - a) Estudiar las rocas ígneas plutónicas y de las rocas volcánicas que se encuentren en la zona, definición de unidades plutónicas y descripción macroscópica.
 - b) Coleccionar muestras representativas para estudios de petrografía, minerografía, análisis químicos, dataciones y otros, ubicadas mediante el uso del sistema de posicionamiento global (GPS).
 - c) Registro de información referente a las estructuras o depósitos mineralizados, asociados con las rocas del batolito y su caja.
- 5- Estudio de las rocas bajo el microscopio binocular y luego empleando el microscopio petrográfico de luz transmitida, para determinar la composición mineralógica, sus relaciones texturales, las microestructuras y luego clasificar la roca según el esquema QAPF de la I.U.G.S.
- 6- Análisis de elementos mayores, menores, trazas tierras raras empleados en la caracterización geoquímica de las rocas y familias de rocas y para las interpretaciones petrogenéticas.
- 7- Análisis de las muestras de vetas y estudio en el microscopio de luz reflejada, para definir las relaciones entre las diversas especies minerales, su abundancia relativa y las microestructuras.
- 8- Con los resultados de estudios petrográficos y analíticos se elaboró los diagramas y figuras que permiten caracterizar a los diferentes grupos o familias de rocas e interpretar su origen.
- 9- Simultáneamente se ha completado el mapa geológico, las figuras, e ilustraciones que permiten mostrar mejor los resultados obtenidos.

La redacción de la memoria final se realizó conforme al avance del estudio para lo cual se contó con:

- Mapas: topográfico, geológico, de estructuras, etc.

- Perfiles sección que muestren rasgos geológicos resaltantes
- Estudios petrográficos, minerográficos y otros
- Resultados de análisis geoquímicos, diagramas

3 TRABAJOS REALIZADOS

Como actividad prioritaria en el desarrollo del Programa de Investigación para efectos de esta tesis, se ha revisado la geología entre Bambamarca - Bolívar – Celendín – Santo Tomás a la escala 1:100,000, tanto en gabinete como en el terreno, empleando los mapas geológicos de los cuadrángulos de Celendín (14-g), Leimebamba (14 – h), San Marcos (15 – g) y Bolívar (15 – h) publicados por el INGEMMET entre los años 1980 y 1995 y con el apoyo de Imágenes de Satélite Landsat TM y Aster, cuyo producto es el mapa geológico simplificado (Figura 1.4); el mismo que constituye la base fundamental sobre la cual se han desarrollado las otras actividades. Durante el trabajo de campo se ha registrado información concerniente a las rocas intrusivas, algunas rocas volcánicas y de la mineralización en vetas que se encuentran en la zona. Se ha coleccionado 48 muestras de rocas intrusivas, 43 de vetas de cuarzo, 20 de rocas metamórficas, 16 de volcánicas y diques, 3 de alteraciones, rocas de mezcla, 2 xenolitos; las que han sido estudiadas bajo el microscopio, y/o analizadas.

3.1 Observaciones sobre el Terreno

El tema de estudio planteado refleja la gran importancia de los estudios de campo, teniendo en cuenta, la carencia de información bibliográfica y los escasos estudios geológicos que se han realizado en la zona, por ello se ha realizado una etapa de reconocimiento y muestreo de 15 días en el mes de abril y 30 días de campo entre octubre y noviembre del año 2005. Se ha priorizado el estudio de las rocas graníticas que constituyen el Batolito Gollón - Callangate y de las evidencias de mineralización más accesibles; en tanto que el aspecto estructural se trata regionalmente por la amplitud del tema y las limitaciones de tiempo.

3.1.1 Batolito Gollón - Callangate

En la Cordillera Oriental del norte del Perú, entre los 6° 30' y 7° 30' se encuentran cuerpos plutónicos dispuestos de manera discontinua, a lo largo de 100 kilómetros y en una franja de 19 a 22 kilómetros de ancho, entre inmediaciones de los poblados de Bambamarca, Sichaya (La Libertad) en el sur y Santo Tomás (Amazonas) en el norte. Considerando la ubicación geográfica de dos lugares muy conocidos en la región se prefiere denominar a este conjunto de plutones e intrusivos menores como «Batolito de Gollón – Callangate», de acuerdo a la localización del pueblo de Gollón (Amazonas) que se encuentra en la parte central de los cuerpos plutónicos del sector norte y el Tambo de Callangate localizado también en la parte central y sur de los plutones del sector meridional del área de estudio. Se trata de un batolito compuesto mayormente por plutones simples que forman parte de la faja granítica de la Cordillera Oriental, constituida por un conjunto de plutones y batolitos graníticos a lo largo de aproximadamente 500 kilómetros desde el centro del Perú (Huánuco); por cierto que la faja granítica continua hacia el sudeste a lo largo de la Cordillera Oriental.

El Batolito de Gollón - Callangate se encuentra emplazado en rocas del Complejo del Marañón, del Paleozoico inferior y superior incluyendo el Grupo Ambo y parte de la Formación Lavasén, que también se le encuentra como techos colgantes. Las capas rojas del Grupo Mitu del Permiano superior, yacen sobre el Batolito en disconformidad heterolítica. Por otra parte la mayoría de cuerpos

plutónicos tienen por lo menos un contacto tectónico ya sea con las rocas de caja o con rocas más jóvenes.

A lo largo del Batolito se han identificado cuerpos de rocas ígneas plutónicas e intrusivos menores a los que se ha clasificado empleando términos litológicos del esquema de clasificación modal de Streckeisen, A., (1976) y se les ha registrado como unidades litoestratigráficas según su ubicación geográfica y de acuerdo con términos litológicos representativos de la unidad (figura 3.1); si bien, se sabe que por ejemplo la distinción entre granodiorita y tonalita depende de la proporción de feldespato potásico, el cual suele ser un parámetro variable aún en un afloramiento simple (Cobbing et. al., 1981). Sin embargo, se describen unidades con términos litológicos y geográficos atendiendo las recomendaciones de la Guía Estratigráfica Internacional, versión abreviada (Reguant S., Ortiz R., 2001) y considerando que estas se definen incluso para

cuerpos plutónicos separados; si estos, muestran similitudes en el campo y en los rasgos petrográficos y composicionales.

3.1.1.1 Diorita Yálen.

Es un cuerpo pequeño de 200 a 300 metros que se encuentra 1 km al oeste - sudoeste de Yálen en las márgenes del río Cujibamba – Sute. Se trata de una roca holocristalina de grano medio, mesócrata, que yace a modo de bloques remanentes y xenolitos en el borde occidental dentro de un cuerpo granítico que se encuentra emplazado en rocas metamórficas del Complejo del Marañón.

Esta diorita constituye parte de los cuerpos que anteceden a los otros componentes del Batolito y se encuentra como afloramientos pequeños, bloques, xenolitos e inclusiones pequeñas dentro de las intrusiones más jóvenes.

Sus componentes mineralógicos son hornablenda, biotita, plagioclasas, cuarzo menos del 8 % como accesorio opacos; los minerales secundarios son clorita, epidota y calcita y algunos óxidos asociados con los minerales máficos. La estructura y textura es isótropa, se nota además que la roca presenta mayor fracturamiento que las rocas circundantes, acompañado de venillas con minerales verdes que han aprovechado los planos de fractura.

3.1.1.2 Tonalita – Granodiorita Gollón

Es un cuerpo plutónico que se encuentra al norte del Abra de Chanchillo entre los ríos Illabamba – Gollón y Quebrada Soledad, tiene forma alargada de orientación Norte – Sur con 19 km de largo y 7 Km en sentido E – O, alcanza altitudes máximas de 3500 metros sobre el nivel del mar. Se le ha denominado así por el pueblo de Gollón que se ubica en la parte sur oriental del plutón (foto 3.1)

Sus contactos indican que tiene relación de corte discordante con las rocas del Complejo del Marañón, aunque también se observan contactos tectónicos en la quebrada Yauman por una falla de dirección NO – SE. Además, tiene relación intrusiva con el Grupo Ambo y rocas volcánicas verdes al este de Gollón y en la quebrada Bocanegra; en cambio es cubierto discordantemente por calizas del Grupo Pucará en el extremo nororiental del cuerpo plutónico.

En el campo se nota que la parte oriental del cuerpo, precisamente al norte de Gollón es una roca mesócrata con mayor contenido de minerales máficos y constituye la variedad oscura de esta unidad (foto 3.2), en cambio hacia el oeste en las quebradas Cedro y Granadilla hacia el norte hasta Punta Arenas se encuentra una variedad clara (foto 3.3) con menor contenido de máficos, en ambos casos el contenido de cuarzo es similar, sus texturas y estructura son isótropas. El paso de una variedad a la otra es transicional.

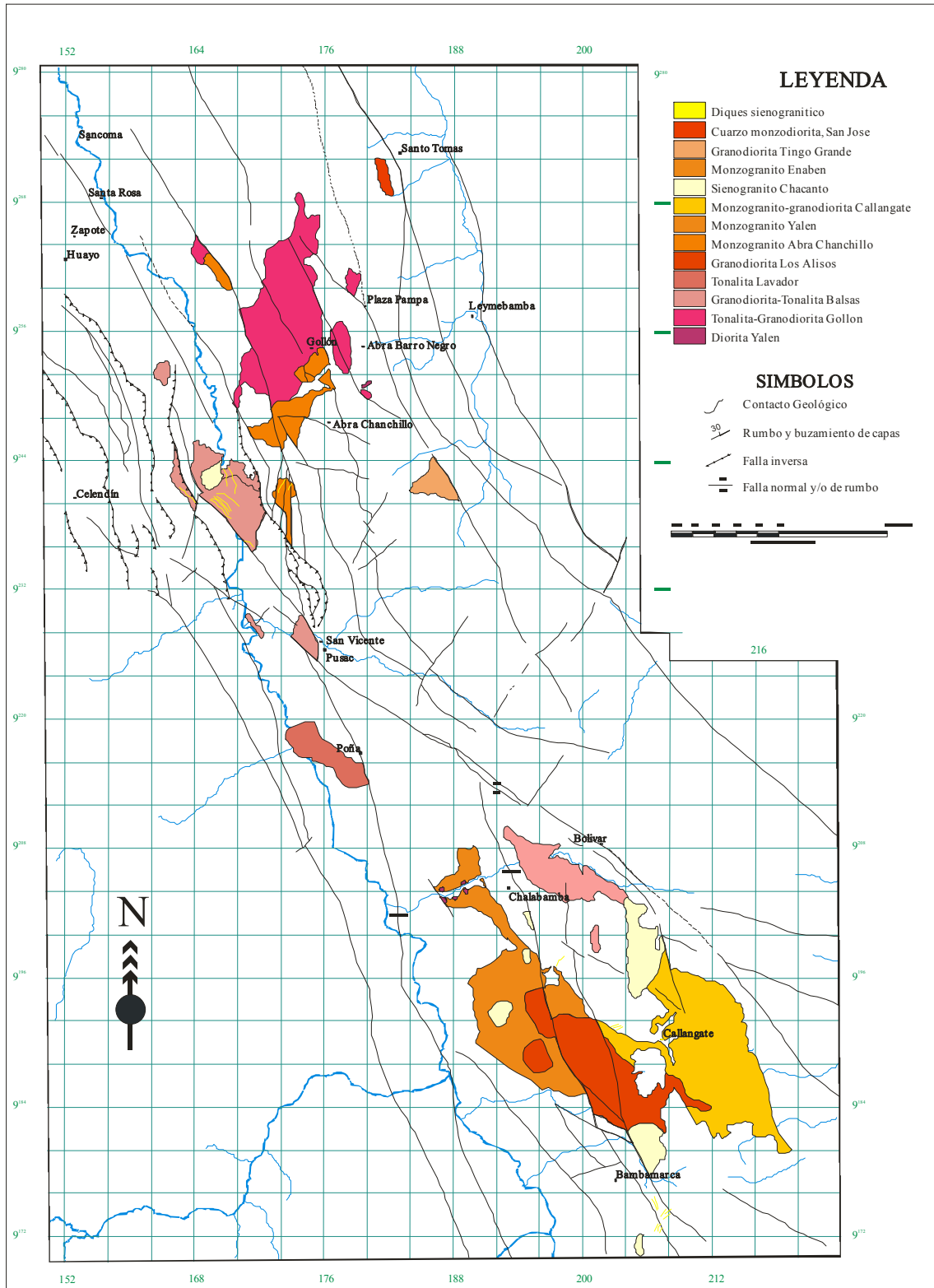


Figura 3.1 Unidades del Batolito Gollón - Callangate

Yendo hacia el este a ambos lados de la línea divisoria de aguas de la Cordillera Oriental, en las nacientes de las quebradas Huicumpujlla, Ishpita y al este de Achupas se encuentran tres cuerpos intrusivos con características similares a la tonalita Gollón por tal razón se consideran como cuerpos pertenecientes a la misma unidad.

Asociados con este plutón se encuentran algunos diques verde oscuros, afaníticos, que son más frecuentes en el sector occidental junto a vetas de cuarzo blanco que siguen el rumbo andino.

La textura de esta unidad es primaria, de grano medio, inequigranular, contiene minerales félsicos entre 60 - 70 % con plagioclasas entre 30 – 50%, cuarzo 20 – 30% y feldespato potásico 5 – 15 %; mientras que los minerales máficos abundan en el orden de 30 a 40 %, con predominio de biotita entre 15 – 30% y hornablenda de 5 – 15 %, biotita. Las biotitas con rangos de tamaño entre 1 – 4 mm, conforman libros y hojas en tanto que la hornablenda de 2 – 5 mm es prismática. La susceptibilidad magnética varía entre 0.1843 – 0.2425, 0.5117 – 0.8768, y un valor de 2.838 unidades SI.



Foto 3.1 Vista al SE al pueblo de Gollón

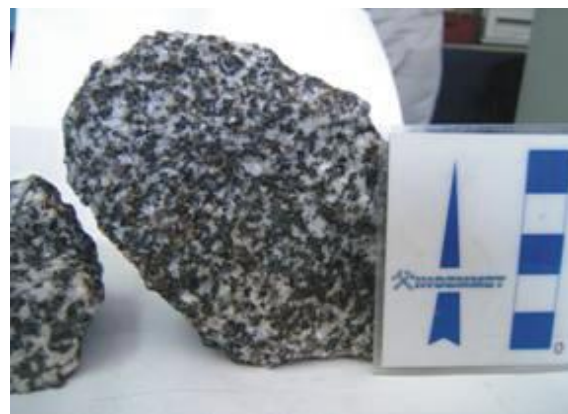


Foto 3.2 Tonalita oscura de la unidad Gollón



Foto 3.3 Tonalita – granodiorita clara de la unidad Gollón

Las variedades más oscuras que tienen mayor contenido de máficos y menor cantidad de cuarzo pueden describirse como cuarzo dioritas a tonalitas mesócratas de grano medio y se encuentran hacia los bordes de la tonalita – granodiorita clara.

3.1.1.3 Granodiorita – Tonalita Balsas

Esta unidad se observa a lo largo de la carretera Celendín – Chacanto – Leimebamba y Chacanto – San Vicente – Bolívar; justo a ambos lados del río Marañón y mayormente al sur del pueblo de Balsas (foto 3.4), alcanza altitudes máximas de 1800 msnm. Tiene una expresión superficial de 11 Km en sentido NO – SE y 7 Km en dirección normal; se encuentra emplazada dentro de rocas del Complejo del Marañón mediante una línea de contacto de trazo irregular en la parte norte, en tanto que sus contactos son tectónicos tanto al este como al oeste, mediante fallas (figura 3.2) de dirección andina. Por otra parte, en el sector occidental existe un afloramiento separado del cuerpo principal donde se observa conglomerados polimícticos con clastos de rocas graníticas y areniscas rojas (Grupo Mitu), que cubren a la granodiorita – tonalita Balsas.

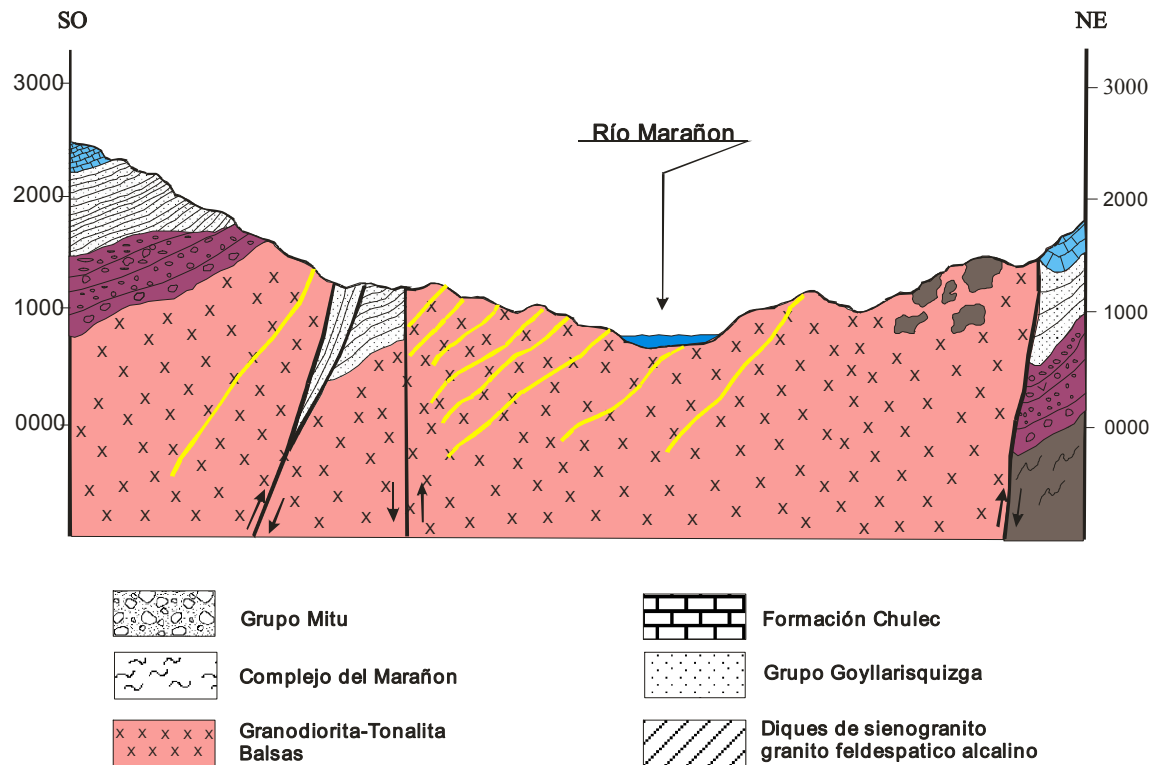


Figura 3.2 Relación de Campo de Plutón de Balsas a la altura de Chacanto

Este cuerpo es mayormente leucócrata, de composición simple, sirve como roca caja a granitos feldespáticos rojizos, cerca de su contacto occidental se observa xenolitos cuyas dimensiones alcanzan hasta 20 cm., mesocrátas ligeramente orientados con rumbo NO paralelo al contacto. Mientras que en el contacto oriental además de xenolitos de mayor dimensión se observan bloques de rocas metamórficas de diversa composición que alcanzan decenas de metros (Figura 3.2) y constituyen un afloramiento continuo hacia el noroeste; en la parte norte se observan apófisis de la roca granítica que se han introducido a modo de diques, venas y digitaciones en las rocas metamórficas. Existen dos cuerpos más pequeños de esta unidad, uno al este de Huanabamba inmediato a la desembocadura del río Pusac en el río Marañon y el otro a la altura de Huarao y Llumbuy justo 5 km aguas arriba de Huanabamba en el valle de Pusac.



Foto 3.4 Vista al oeste desde carretera a Leimebamba, se observa el pueblo de Balsas, el río Marañon y la granodiorita - tonalita



Foto 3.5 Tonalita Balsas con minerales máficos orientados, 1 km al ENE de Huanabamba



Foto 3.6 Muestra de tonalita Balsas con algunas concentraciones de minerales máficos y hornablendas aisladas

Dichos cuerpos también están emplazados en el Complejo del Marañón, tienen xenolitos orientados y están cortados por diques de granitos feldespáticos; además, se observa cierta orientación de sus minerales máficos (foto 3.5) coincidente con la foliación de las rocas metamórficas circundantes.

La granodiorita – tonalita de Balsas tiene textura primaria (foto 3.6), de grano medio a grueso, inequigranular con promedio de 30 % de minerales máficos, biotitas de 1-5 mm. entre 15 – 20 % y hornablenda de 2 a 6 mm, variable entre 5 – 15 %; sin embargo se observa algunas agrupaciones de máficos que tienen dimensiones mayores; los minerales félsicos constituyen aproximadamente el 70 % incluyendo otros componentes menores; entre ellos la plagioclasa en cristales de 2 a 6 mm. abunda

entre 30 – 40 %, el feldespato potásico 5 a 20 % y el cuarzo 20 – 25 %. Una medición de la susceptibilidad magnética dio un valor de 0.3507 SI.

3.1.1.3 Tonalita – Granodiorita Lavador

Su nombre corresponde al paraje Lavador que se encuentra 12 Km al sudeste de San Vicente, se trata de un cuerpo alargado de tonalita emplazado en rocas del Complejo del Marañón, del Grupo Ambo y la Formación Lavasen, tiene aproximadamente 11 kilómetros de largo, 2.5 a 3 km de anchura; entre las inmediaciones de la desembocadura del río Miriles en el Marañón y del paraje Lavador siguiendo una dirección NO – SE. Su afloramiento observable se encuentra entre 950 y 2900 metros de altura su mayor extensión se encuentra en el flanco derecho del Marañón, sus contactos son discordantes de cruce; no obstante su contacto oriental al sudeste de Poña es una falla de longitud regional que lo pone en contacto con rocas silíceas y carbonatadas del Cretáceo inferior y superior

En la parte superior y las laterales se observa algunos bloques de rocas metamórficas y de rocas volcánicas verdes de varios metros de diámetro a modo de bloques que han descendido, son más pequeños y menos frecuentes en Lavador. Dentro de esta unidad se observan algunas vetas de cuarzo blanco, así como algunos diques afaníticos gris verdosos de dirección NO – SE y diques de aplitas con orientación similar.

El cuerpo principal es una roca maciza, leucócrata a mesócrata de textura primaria, grano medio, inequigranular (foto 3.6), donde el contenido de félsicos se distribuye entre los siguientes porcentajes: plagioclasa 40 – 50 %, en cristales cuyas dimensiones varían entre 2 a 5 mm, cuarzo incoloro entre 20 – 25 % y feldespato potásico menos evidente entre 5 a 10 %. Por su parte el contenido de minerales máficos es variable entre 25 a 35 %, donde la abundancia de la hornablenda que suele presentarse en prismas aislados es similar a la biotita, ésta generalmente se encuentra en libros o agrupaciones más pequeñas que el anfíbol. Puede notarse biotita ocupando prismas de hornablenda y en otros casos la circunda. También se encuentran algunos cristales de moscovita, que pueden ser de origen secundario, ya que yacen cerca de los contactos con vetas o intrusivos posteriores.

Los valores de susceptibilidad magnética son contrastantes, cerca al contacto fallado se ha medido un valor de 4.522 SI y hacia el noroeste de Lavador en la parte central del cuerpo plutónico se han obtenido valores de 0.21201 a 0.336.



Foto 3.7 Muestra de mano de la tonalita – granodiorita Lavador, textura primaria y hornablendas prismáticas.

3.1.1.4 Granodiorita Los Alisos

Al norte de Bambamarca y al oeste del Tambo de Callangate entre el río Chocta y la quebrada Pana se encuentra un cuerpo alargado en dirección NNO, rodeado de cuerpos graníticos más jóvenes, en las cumbres de los interfluvios es una roca bastante meteorizada y disgregable, su nombre corresponde al paraje Los Alisos que se encuentra en la divisoria de la quebrada Pila y el río Chonerai. De acuerdo al mapa geológico tiene aproximadamente 15 Km de largo y 4 a 5 km de anchura; sus contactos orientales son mayormente intrusivos con rocas graníticas, en cambio la Formación Lavasén le sobreyace a modo de cubierta; entre Cedropampa y Chuñuen a lo largo del camino que recorre las cumbres se ha encontrado bloques o cuerpos de granodiorita rodeados de granitos; y también se observa un contacto fallado con los granitos y hacia el sur con el Grupo Mitu y el Grupo Pucará al este de Pulamoy. Su afloramiento tiene 2000 metros de diferencia de altitud (1800 a 3800 msnm)

La unidad Los Alisos está cortada por diques de aplitas y granitos y en las partes más altas contiene algunos bloques de rocas volcánicas verdes. El cuerpo plutónico tiene estructura y texturas isótropas primarias, de grano medio con minerales félsicos entre el 75 a 85 % de abundancia a cambio de 15 a 25 % de minerales máficos (foto 3.8), donde las biotitas predominan con respecto a las hornablendas en una proporción de 2/1. Según las variaciones de la concentración de minerales félsicos y máficos las rocas pueden clasificarse algunas veces como monzogranitos y raras veces como tonalitas.

La textura y rasgos característicos de esta unidad de observan en la foto 3.8, tomada en láminas delgadas de roca a escala natural de las muestras BT – 142 y BT – 143 colectadas en Los Alisos y en la margen izquierda del tramo superior de la quebrada Chonerai.



Foto 3.8 Imagen de dos láminas delgadas de roca correspondientes a la granodiorita Los Alisos, se nota la presencia de feldespato K , cuarzo y minerales máficos de menor tamaño.

3.1.1.5 Monzogranito Abra Chanchillo

Es un cuerpo de roca plutónica que se caracteriza por su mayor contenido de feldespato potásico en relación con la tonalita – granodiorita Gollón que se encuentra al norte de esta unidad.

Este granito rojo se encuentra como un cuerpo alargado entre la margen izquierda del río Gollón al este del pueblo homónimo y la quebrada Honda al sudoeste del Abra Chanchillo (2800 msnm), en esta última localidad se le observa en el corte de carretera a Leimebamba, aunque afectada fuertemente por la meteorización y deformación.

El monzogranito constituye un afloramiento alargado de 10 x 3 kilómetros según una dirección NE – SO, se ha emplazado con posterioridad a la tonalita Gollón de acuerdo al contacto noroeste y corta a volcánicos verdes de la Formación Lavasén entre Chanchillo y el cerro Huangali en su contacto sur sudeste. Es cubierto por areniscas cretácicas en la quebrada Honda y por conglomerados y

areniscas del Grupo Mitu (Permiano superior – Triásico Medio) en el flanco sur del cerro Siete Pozas y en el corte de carretera Hornopampa – Saullamur, donde toma una coloración rojiza resultante de la intensa meteorización (Foto 3.9). Al noroeste de San Vicente se tiene un pequeño cuerpo de monzogranito emplazado en rocas del Complejo y cortando a otro intrusivo pequeño de la granodiorita – tonalita Balsas. Otro cuerpo relacionado a esta unidad se ubica en el río Balsapampa 3 km al sudoeste de San Lucas, también esta cortando a gneises y esquistos del Complejo del Marañón y a una tonalita de grano medio en la que el mineral máfico que predomina es biotita.

El monzogranito tiene textura primaria de grano medio y algunas veces grueso es inequigranular, donde el hábito cristalino de sus minerales máficos es similar a la unidad tonalita – granodiorita Gollón. Su contenido de minerales félsicos es variable entre 70 – 80 % y los maficos entre 20 y 30 %. En este caso, generalmente predomina la biotita sobre la hornablenda, además se suele observar algunos xenolitos que se caracterizan por la mayor concentración y menor tamaño de los minerales máficos.



Foto 3.9 Viendo hacia el sur desde carretera a Leimebamba, inmediaciones de Manantial, se observa al Monzogranito Abra Chanchillo que yace debajo de areniscas, pelitas y conglomerados rojos del Grupo Mitu (Permiano – Triásico).

La foto 3.10 es una muestra representativa (TBT – 67) del Monzogranito Abra Chanchillo, tomada en el camino Gollón - Barro Negro a lo largo de la fila del Cerro Huangali.

En todos los cuerpos donde se localiza esta unidad se observan diques rojizos a rosados que la cortan y al parecer constituyen la última fase de magmatismo de tipo intrusivo. Se han hecho dos mediciones de la susceptibilidad magnética de estos cuerpos que han rendido valores de 0.56525 y 2.8416 SI para la muestra del cerro Huangali.



Foto 3.10 Textura primaria del Monzogranito Abra Chanchillo, máficos de tamaño similar a minerales félsicos.

3.1.1.6 Monzogranito Yálen

Siguiendo una dirección NNO, desde la quebrada San José hasta el paraje Shacre al norte de Yalen, se extiende un cuerpo intrusivo a lo largo de 23 km con una anchura máxima de 10 Km, se le ha identificado al sur de Pana, en la fila Licliconga, en San Antonio, Mallaca Chico y Yalen, al parecer, algunos bloques de la granodiorita Los Alisos quedan como inclusiones rodeados del Monzogranito Yalen, tal como se observa entre Chuñuen y Pana. Sus relaciones de contacto son intrusivas con respecto a cuerpos de diorita y granodiorita, así como con rocas del Complejo del Marañón y con las formaciones Contaya y Lavasen en su contacto oriental. Es cortado por cuerpos de granitos con mayor contenido de feldespato potásico en la forma de pequeños stocks y diques. El Grupo Mitu yace sobre el Monzogranito Yalen en discordancia de depósito.

Por otra parte tiene contactos tectónicos en las vecindades de Chuñuen según una falla de dirección NO – SE y con la Granodiorita Los Alisos. Al oeste de Yalen en el camino a Sute se observa un contacto en falla con rocas esquistosas, metavolcánicas y metagranitos bastante fracturados, hacia el contacto se observa mayor abundancia de bloques de diorita y de la roca caja, al norte de Yalen en el flanco derecho del valle se observan bloques oscuros de rocas verdosas como bloques que han descendido conforme ascendía el cuerpo magmático. En este cuerpo plutónico se observan mantos intrusivos de granito fino a microgranito al oeste de Pana en la fila Corralen y en los alrededores de Yalen.

Las características texturales de esta unidad se observan en la foto 3.11, que corresponde a 6 muestras tomadas en lugares diferentes. Se trata de texturas primarias de grano medio, inequigranulares e isótropas, con variaciones en el aspecto superficial como es por ejemplo la coloración debido a los diversos grados de meteorización en relación con las diferencias en altitud que para el caso de los afloramientos de esta unidad varía entre 1050 a 4000 msnm. Su litología, destaca la presencia de feldespato potásico, cuarzo y plagioclasas que en conjunto suman entre 80 a 90 % de la roca, a despecho de los minerales máficos que son poco abundantes, generalmente alterados y de menor tamaño que los minerales félsicos.



Foto 3.11 Imágenes de láminas delgadas de rocas en tamaño natural de diversos cuerpos de monzogranito de la unidad Yalen, se observa diverso grado de meteorización y alteración

Sin embargo pueden encontrarse variaciones en la composición, de modo que eventualmente se puede describir granodioritas. El tamaño relativo de los granos cristalinos puede variar a fino y rara vez a grueso.

Al medir la susceptibilidad magnética se encuentran los siguientes valores diversos. 0.123, 0.7788 a 0.99015, 1.4145 y 4.797 SI.

3.1.1.7 Monzogranito – Granodiorita Callangate

Se ha designado como la unidad Callangate al macizo intrusivo que ocupa las partes altas al este del Tambo de Callangate ubicado en el Camino Bolívar Bambamarca – Condormarca. Este cuerpo tiene forma alargada en dirección noroeste a lo largo de 18 Km por 10 Km de ancho, disectado mayormente por geoformas de origen glaciar que se encuentran entre 3200 a 3850 metros de altura.

El plutón de Callangate tiene relación de corte con la Granodiorita Los Alisos en su contacto occidental y también con el Grupo Ambo y niveles inferiores de la Formación Lavasen en la quebrada El Tambo. Las calizas del Grupo Copacabana y las areniscas cuarzosas del Grupo Goyllarisquizga que se encuentran al este de la quebrada Tubaybal yacen en disconformidad sobre el Monzogranito Callangate.

Sin embargo el contacto oriental de este plutón es tectónico mediante una falla regional de dirección NO – SE, que yuxtapone al monzogranito con rocas del Cretáceo superior. Al sur de Callangate se observa un contacto rectilíneo con la Formación Lavasen. En este cuerpo plutónico no son comunes los xenolitos o bloques de las rocas de la caja.



Foto 3.11 Láminas delgadas de las muestras BT- 144, BT -145 y BT – 151 camino Callangate – Qda. Tubaybal, se nota gradación en el contenido de minerales oscuros.

En esta unidad si se observa variaciones, de manera que se tienen texturas primarias y algunas modificadas o de dos fases poco desarrolladas, tal como la muestra de la izquierda en la foto 3.11, estas texturas algo porfiríticas indicarían un nivel de emplazamiento alto. Se ha observado que las estructuras y texturas son isótropas aunque no homogéneas. El contenido de minerales félsicos y máficos es también irregular (Foto 3.11), no obstante los tipos litológicos son mayormente monzogranitos. La medición de la susceptibilidad magnética ha dado los siguientes grupos de valores :0.1790 – 0.266, 1.740 – 3.130 SI.

3.1.1.8 Monzogranito - Enaben

Al oeste y sudoeste a ambos lados del río Cujibamba se encuentra un macizo plutónico que tiene una longitud de 12 Km en sentido NO – SE y una anchura de 4 km; en su parte central se encuentra el caserío Enaben por lo que se le ha designado como tal. Este cuerpo intrusivo esta emplazado en rocas volcánicas de la sección inferior de la Formación Lavasen y cubierto en las partes altas por rocas piroclásticas atribuidas a la misma unidad.

La mayor parte del macizo es un monzogranito de grano medio con variaciones en la cantidad de máficos y félsicos, también se observan ciertas concentraciones de minerales que pueden corresponder a composiciones tipo granodioritas y en algunos casos a tonalitas. Se han encontrado inclusiones de monzodioritas, tonalitas, etc. asimismo, algunos diques verdes, afaníticos, que siguen la orientación andina y diques félsicos de aplitas y microgranitos. La meteorización es más intensa en las partes bajas (1800 msnm) adyacentes al río Cujibamba, a diferencia de las partes altas (3700 msnm) donde los afloramientos no tienen mayor cobertura de material suelto.



Foto 3.12 Láminas delgadas de las muestras BT – 171 y BT – 173 del Monzogranito Enaben

No obstante las variaciones en composición la textura y estructura son isotropas, primarias, de grano medio, inequigranulares; se distinguen los feldespatos y el cuarzo entre los componente félsicos (foto 3.12). Los máficos tienen formas cristalográficas mejor desarrolladas y la abundancia de biotita y hornablenda es aproximadamente igual así como el tamaño en relación con los félsicos. En muestra de mano, se observan fácilmente las tablillas de plagioclasa, granos de cuarzo y por supuesto de feldespato potásico, ocasionalmente se notan texturas modificadas, pero siempre isotropas. Algunas mediciones de la susceptibilidad magnética dieron valores entre 1.000 y 6.560 SI.

3.1.1.9 Sienogranito Chacanto

En Chacanto y alrededores se encuentran un conjunto de cuerpos graníticos rojos a rosados a modo de pequeños stocks y diques emplazados dentro de la Granodiorita – Tonalita Balsas (Foto 3.13); constituyen la unidad intrusiva más joven dentro del conjunto de rocas graníticas que conforman el Batolito Gollón – Callangate en esta parte. En el mapa geológico y del batolito puede apreciarse que los diques de color rosado (figura 3. 2) están inclinados al suroeste con ángulos moderados a suaves (60° - 20°); sus grosores son variables entre algunos metros a decenas de metros.

Estos diques también se encuentran en el Monzogranito Abra Chanchillo, y en los cuerpos plutónicos del valle de Huanabamba. En general cortan a los cuerpos graníticos anteriores incluyendo su roca caja. No se observa que tengan relación de corte con el Grupo Mitu, en cambio se observan clastos de sienogranito en los conglomerados de ésta unidad. Su litología incluye sienogranitos, granitos feldespáticos alcalinos, aplitas, microgranitos; en general son rocas leucócratas de colores rojo a rosado (foto 3.14) que tienen texturas primarias, isotropas, de grano medio a grueso siendo los feldespatos potásicos los que tiene mayor tamaño. El contenido de minerales félsicos en la unidad de sienogranitos varía entre 80 a 90 %, el feldespato potásico constituye entre el 40 a 55 %, el cuarzo entre 25 a 35 %, mientras que la plagioclasa representa entre el 10 a 20 % del total; por el contrario los minerales máficos son el 5 a 15 % con predominio de la biotita sobre la hornablenda. Es frecuente observar los máficos cloritizados en este tipo de rocas. En la foto 3.14 se incluye muestras de otros stocks y diques que tienen relaciones de contacto similares a aquellas de Chacanto y que se consideran como cuerpos o plutones simples que se pueden registrar como pertenecientes a la misma unidad dentro del contexto del Batolito Gollón – Callangate, constituyen sino el último el evento mas reciente que se registra como intrusivos menores, a lo largo de todo el Batolito y a menudo tienen relación de corte con las rocas volcánicas de la Formación Lavasen, clastos de esta unidad se encuentran en los conglomerados polimícticos del Grupo Mitu que descansa sobre unidades del Batolito. Su litología incluye sienogranitos, granitos feldespáticos alcalinos, aplitas,

- El Plutón de la Quebrada Los Muertos en el extremo sur del Batolito al este de Sichaya, tiene dimensiones de 4.5 x 3 km; esta emplazado en la parte inferior de la Formación Lavasen y en contacto intrusivo de corte con la Granodiorita Los Alisos. Las plagioclasas muestran alteración en sus partes centrales (muestra de la esquina superior derecha en la foto 3.14). Esta unidad se observa en parte del camino Bambamarca – Tambo de Callangate y se le distingue fácilmente por su coloración rojiza. Asociado con este cuerpo se pueden observar algunos diques de aplitas.

El plutón de la huequera Piorrorrón entre las quebradas Huipía y Sobre Lanchas es un stock de aproximadamente 8 x 3.5 Km de dirección Norte Sur que se encuentra en relación cortante con la Formación Lavasen y con los Monzogranitos de Callangate en el sur y Enaben en el norte tiene contacto intrusivo, si bien no es muy notorio por la similitud en la composición (muestra del medio en la parte superior)



Foto 3.13 Viendo hacia el norte se observa diques y cuerpos intrusivos rosados a la altura del puente Chacanto sobre el río Marañón; emplazados en la granodiorita – tonalita Balsas



Foto 3.14 Láminas delgadas de la unidad sienogranito Chacanto tomadas de 6 cuerpos diferentes a lo largo del Batolito

- El cuerpo intrusivo de Machuncha emplazado dentro del Monzogranito Yalen, es un cuerpo que tiene disposición tipo manto intrusivo, es de grano medio a fino (muestra esquina inferior izquierda en foto 3.14) sus dimensiones son de 2.5 x 2 km y se encuentra en la divisoria del

drenaje entre dos quebradas; otro cuerpo petrográficamente similar se encuentra en la parte alta entre Corralen y la divisoria Mallaca Chico.

La muestra de la esquina inferior derecha (foto 3.14) ha sido tomada en un pequeño cuerpo de sienogranito emplazado en rocas metavolcánicas y metasedimentarias del Complejo del Marañón al oeste de Molinete y en contacto fallado con el Grupo Mitú.

Otro cuerpo de sienogranito se encuentra en la parte norte del área en la quebrada Balsapampa al suroeste de San Lucas (esquina superior izquierda en foto 3.14), en contacto fallado con esquistos y gneises del Complejo del Marañón y en contacto de corte con una tonalita considerada como la unidad Gollón. Está cubierto en discontinuidad heterolítica por rocas clásticas del Cretáceo inferior.

En la foto 3.14 la muestra del centro en la parte inferior corresponde a un dique rosado emplazado en la Granodiorita – Tonalita Balsas en el Valle de Huanabamba al sudeste de Chacanto.

Los valores de la susceptibilidad magnética varían entre 0.014 – 0.08, 0.439 – 0.76245, 2.0825 SI.

3.1.1.10 Cuarzomonzodiorita Quebrada San José.

Es un cuerpo de 3 km de largo en sentido NNO – SSE y 1 km de ancho, que se encuentra en la quebrada San José al oeste de Santo Tomás sector NE del área de estudio. Este cuerpo ha cortado a rocas metasedimentarias del Complejo del Marañón que presentan una esquistosidad moderada.

La textura de esta roca es primaria de grano medio, inequigranular, es una roca mesócrata, que tiene entre 35 a 40 % de minerales máficos y el complemento son los félsicos con un predominio notorio de las plagioclasas entre 45 a 50 %, cuarzo de 10 a 15 % y el feldespato potásico no es evidente. Entre los máficos predomina la hornablenda con respecto a la biotita en una proporción de 5: 1.

El tamaño de grano en comparación con las rocas del sector occidental es más pequeño, además, de acuerdo al hábito de los minerales componentes y el arreglo textural se le considera como una unidad particular; si bien su tiempo de emplazamiento podría ser similar. La susceptibilidad magnética medida es de 0.28536 SI.

3.1.1.11 Granodiorita Tingo Grande

En el sector oriental de la Cordillera al NE de Tingo Grande yace un stock intrusivo entre las quebradas Tingo Grande y San Miguel, en contacto discordante de corte con rocas de la Formación Lavasen; sus mayores dimensiones son 4.5 x 3 Km, en tanto que su contacto oriental con las calizas del Grupo Pucará es tectónico mediante una falla de recorrido regional y dirección NO – SE. Este cuerpo plutónico es aislado y se encuentra en el extremo oriental de los afloramientos de rocas paleozoicas en esta parte; su ubicación indica la amplitud que alcanzan las rocas magmáticas en esta parte.

La foto 3.15 corresponde a una lámina de roca tomada en la margen derecha de la quebrada Tingo Grande, se puede notar una textura primaria, maciza, con contenido de minerales félsicos hasta 80 % y los minerales máficos con porcentajes de 20, donde se observan hornablendas prismáticas aisladas, y en otros casos se agrupan con biotitas más pequeñas.

Los minerales félsicos son: plagioclasas y feldespatos potásicos en cantidades similares, mientras que el cuarzo excede el 20 %. La textura es primaria, isótropa de grano medio, inequigranular (Foto 3.15).

Según sus relaciones de contacto este cuerpo intrusivo tiene un origen similar a las otras unida-

des del Batolito se le considera como un cuerpo plutónico cuyas características texturales tal como el hábito de los minerales máficos es similar con la tonalita Lavador.

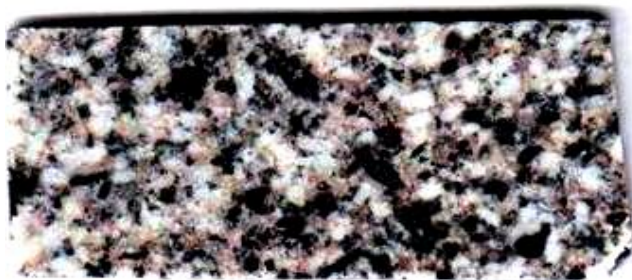


Foto 3.15 Corte sección delgada de la Granodiorita Tingo Grande (BT – 195)

3.1.3 Xenolitos

Las inclusiones o enclaves de rocas ígneas preexistentes en las rocas del Batolito son generalmente de dioritas, microdioritas, microtonalitas, microgranodioritas, con diverso grado de recrystalización en núcleos de minerales félsicos (foto 3.16) similares a las rocas intrusivas que albergan al xenolito. No se observan capas o niveles de xenolitos, pero sí cierta orientación según el eje mayor de los xenolitos alargados en las partes superiores y en los bordes occidentales del Plutón de Balsas y en los cuerpos intrusivos del valle de Huanabamba relacionados a la misma unidad.



Foto 3.16 Algunos xenolitos contenidos en el plutón de Balsas con diverso grado de recrystalización, en núcleos claros. Tamaño natural.

Los xenolitos tienen formas alargadas elipsoidales, algo esféricas, lenticulares alargadas e irregulares, no se observan bordes de reacción, pero sí una textura ígnea similar a la roca de caja con cristales de tamaño más uniforme y comúnmente no muestran alteración, ello podría interpretarse como una recrystalización completa del xenolito, de manera que se trataría de un espectro de xenolito, de lo contrario se tratarían de autolitos correspondientes a rocas ígneas que cristalizaron más temprano a partir del mismo magma.

En el caso del plutón de Balsas por ejemplo, en su contacto oriental se da una gradación, entre el cuerpo magmático y la roca caja que en este caso son rocas metamórficas del Complejo del Marañón, de manera que se tiene la siguiente secuencia yendo del plutón hacia los metamórficos:

Roca plutónica con espectros de xenolitos a xenolitos con núcleos de recrystalización parcial a roca metamórfica como xenolitos o conjuntos de bloques angulosos a apófisis y venas de roca granítica con inclusiones de roca metamórfica (foto 3.17), en roca metamórfica a Roca metamórfica.



Foto 3.17 Apófisis y venas de granodiorita-tonalita Balsas dentro de esquistos con anfíbol en la carretera a Leimebamba, contacto oriental del plutón, el intrusivo ha seguido las fracturas

Cuando la interacción del magma con la roca caja ha sido tal que ha asimilado casi completamente a las rocas encajantes se producen un conjunto de **rocas híbridas** donde es difícil discernir la composición modal debido a la presencia de material asimilado no recristalizado completamente. Se tienen en tal caso texturas como las de la foto 3.18 a las que se prefiere describir como rocas híbridas que tienen algunos rasgos similares en composición y textura a la roca intrusiva circundante, pero que no es posible definir su composición mineralógica al 100 % mediante procedimientos convencionales.

Estas rocas híbridas se encuentran en la zona de contacto de cuerpos intrusivos con rocas del Complejo y se les puede encontrar mayormente en relación con los cuerpos de tonalitas y granodioritas, en las zonas con abundantes xenolitos o en donde la proporción de material de roca caja es importante, tal es el caso de las tres primeras muestras del valle de Huanabamba y el contacto oriental del plutón de Balsas en el corte de carretera a Leimebamba.

En otras unidades se observan xenolitos dispersos y conjuntos generalmente en la parte lateral del cuerpo plutónico y en los lugares donde existe una relación de corte transversal con las rocas de la caja, a modo de contactos mixtos tipo inyección y penetración intersticial. Por otra parte la naturaleza de los afloramientos y la cobertura no consolidada, así como la vegetación que cubre a estas rocas no permite observar claramente las relaciones de contacto.



Foto 3.18 Ejemplos de rocas híbridas, muestras BT-187, BT-186, CMA-54 y BT-172, respectivamente (1.5 X), las dos muestras de la derecha podrían describirse como texturas modificadas o de dos fases.

Las rocas con xenolitos y rocas híbridas dan lugar a texturas incipientes, modificadas, de dos fases, relicticas y en los casos relacionados a zonas de falla a texturas cataclásticas; si bien su extensión es restringida.

3.1.4 Metamorfismo de Contacto

Las rocas cortadas por cuerpos plutónicos no muestran mayores evidencias de metamorfismo debido a la temperatura del cuerpo magmático; a lo más se observa una recrystalización y presencia de epidota en manchas del orden de algunos centímetros, como en el caso de las rocas volcánicas de la Formación Lavasen, en la quebrada Longote. Mientras que en el río Cujibamba aparte de la presencia de minerales verdes se nota un cambio en la coloración y endurecimiento debido a recrystalización y silicificación, pero en el orden de algunos metros. En el caso de las rocas de metamorfismo regional del Complejo del Marañón no se observa mayor modificación que la presencia de concentraciones de cuarzo recrystalizado en las proximidades del contacto. Buena parte de los contactos observados en las rocas del batolito son tectónicos o corresponden a disconformidades heterolíticas con unidades más jóvenes que cubren a las rocas graníticas.

3.1.5 Formación Lavasen

Es una secuencia de rocas volcánicas tipo lavas y piroclastos intercalados con areniscas y pelitas en su sección inferior. Se encuentra como roca caja del batolito en su contacto oriental casi en toda su extensión conjuntamente con el Grupo Ambo, desde el extremo sur en Capellanía hasta la quebrada Longote ubicada al NE de Gollón.

En esta sucesión se pueden distinguir dos unidades:

- en la parte inferior se encuentran rocas volcánicas afáníticas verdes en capas gruesas y que incluyen brechas y aglomerados muy discretos y algunos diques y placolitos de gabrodiorita y diabasa. Otros niveles son basalto - andesitas vesiculares – amigdaloides, como en el caso del Abra Chanchillo, las cavidades hasta de un centímetro de diámetro están rellenas por calcita, sílice y óxidos; no se observa vesículas aplastadas ni mayor dirección de flujo.
- en la parte superior se registran tobas líticas y cristalolíticas, ignimbritas, lapillitas, cuya composición es dacítica a riolítica, también se intercalan algunas areniscas volcánicas y eventual-

mente conglomerados heterogéneos con clastos de rocas volcánicas, metasedimentarias y metamórficas.

Destacan niveles con fragmentos angulosos y matriz porfírica con feldespatos, plagioclasas y algunos cristales de cuarzo.

Las litofacies de rocas volcánicas verdes son más comunes en el sector norte y en la parte occidental de los afloramientos; en tanto que las secuencias piroclásticas predominan en la parte oriental y en las partes altas de la Cordillera.

Considerando la morfología, estructura y las litofacies de la Formación Lavasen se pueden diferenciar claramente tres macizos que destacan por su altitud y geometría y que podrían haber sido centros volcánicos, estos son:

- En el sur entre Cerro Las Pagras, San Salvador y Sochol alrededor de las lagunas Uchuella Cruz, Cascarilla y Cushura, donde se tienen elevaciones de 4300 msnm
- Alrededor de las lagunas Las Blancas, Brava y Yarnalen al sur de Bolívar en altitudes de 4300.
- Al norte de Chuquibamba entre los cerros Quinuacocha y Tingo Chico en altitudes alrededor de 4000.

La faja de la Formación Lavasen continua hacia el sur hacia la región de Pataz - Buldibuyo donde está más desarrollada.

3.1.6 Estructura

El Batolito Gollón – Callangate es un conjunto de 15 cuerpos plutónicos simples que se encuentran a lo largo de una faja de 100 Km de largo y 20 km de ancho, en dirección NO – SE, ocupando una extensión aproximada de 500 km² en el eje de Cordillera Oriental y su flanco que da al río Marañón. Sirven como roca encajonante esquistos, gneises y metasedimentos del Complejo del Marañón, pelitas de la Formación Contaya, rocas volcánicas y sedimentarias del Carbonífero. En la parte septentrional del área las rocas del Batolito albergan vetas de cuarzo con mineralización aurífera.

El Batolito se ha emplazado en un bloque Proterozoico – Paleozoico controlado por fallas de dirección NNO –SSE que tienen recorridos regionales (figura 3.3). De acuerdo a la disposición estructural en el área de estudio se observan dos segmentos donde las rocas plutónicas tienen características particulares:

El segmento sur en el cual los cuerpos plutónicos se encuentran en un corredor estructural de orientación N 40°- 45° O entre dos zonas de falla aproximadamente paralelas que ponen en contacto rocas del Batolito con rocas mesozoicas, la falla Bolívar – Longotea al nororiente y la zona de fallas Bambamarca – Sichaya en el borde sudoccidental (figuras 3.1 y 3.3) El corredor termina contra la falla San Vicente que tiene una dirección N 18° O, longitud de 110 kilómetros y que se prolonga hacia el sureste en el cuadrángulo de Pataz.

En el segmento norte las rocas plutónicas se encuentran entre fallas a ambos lados de la falla San Vicente – Poña; hacia el sector occidental los cuerpos plutónicos yacen entre la falla Limón al oeste y San Vicente – Poña al este siguiendo una dirección N 18° - 20° O en una amplitud de 10 Km en sentido transversal. Los plutones del noreste se encuentran entre la falla Barro Negro – La Joya al este y la falla San Vicente - Poña en el oeste, siguen una dirección N 10° O a N – S en una amplitud de 11 Km.

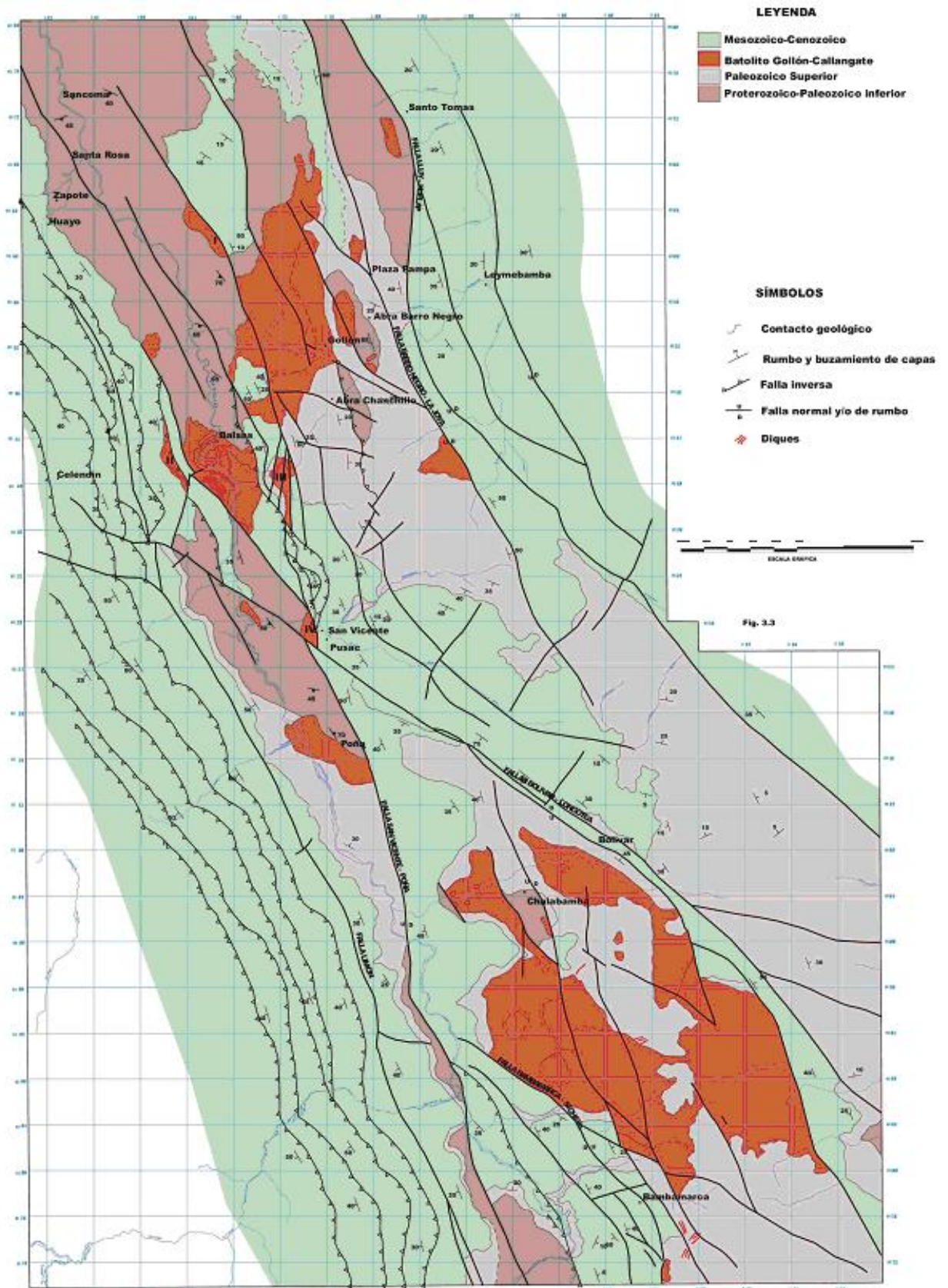


Figura 3.3 Mapa Estructural

3.1.6.1 Perfil sección A – A'

De acuerdo al mapa geológico (figura 1.4) en la sección A- A' (figura 3.4) que sigue una dirección N 70° E aproximadamente normal al rumbo de las estructuras, se puede observar tres segmentos que corresponde a estilos de deformación diferentes:

- El segmento occidental es una zona de fallas inversas imbricadas con sentido de inclinación (empuje) hacia el NE que involucra a la secuencia mesozoica.
- El segmento central se caracteriza por fallas de alto ángulo que han afectado al Complejo Metamórfico del Marañón, a rocas del Paleozoico y al Batolito, se puede considerar como una tectónica de basamento, en el sentido de una deformación frágil.
- El segmento oriental relacionado a fallas inversas en rocas mesozoicas que chocan contra un bloque del basamento definiendo una estructura tipo hemigraben.

3.1.6.2 Perfil sección B – B'

En este corte ubicado en la parte sur con una dirección N 65° E, se distingue:

- la zona de fallas y pliegues con sentido de inclinación al NE (zona imbricada de Wilson J., y Reyes L., 1964) en la secuencia mesozoica, la cual termina contra la falla Limón.
- Una zona de fallas subverticales que han levantado bloques del Complejo del Marañón y en otros casos ponen en contacto rocas del Paleozoico superior contra rocas mesozoicas que se encuentran en un bloque hundido en la zona de falla Bolívar –Longotea.
- Al este de la falla Bolívar – Longotea las rocas del Paleozoico superior – Triásico yacen en posición subhorizontal, sin mayor deformación por sobre los 3500 de altura.

En resumen los perfiles sección resaltan la presencia de una zona imbricada al oeste con deformación de tipo cobertura, una parte central con deformación esencialmente tipo frágil para las rocas paleozoica y más antiguas, que corresponde al núcleo de la Cordillera Oriental y su flanco occidental; y una zona oriental de rocas mesozoicas con tectónica de cobertura influenciada por las estructuras de basamento.

3.1.6.3 Fallas

La estratigrafía y las características geológicas del área de estudio a priori, indican que las fallas existentes han tenido una historia de evolución compleja considerando el largo periodo de tiempo involucrado y su ubicación en una faja orogénica como son los

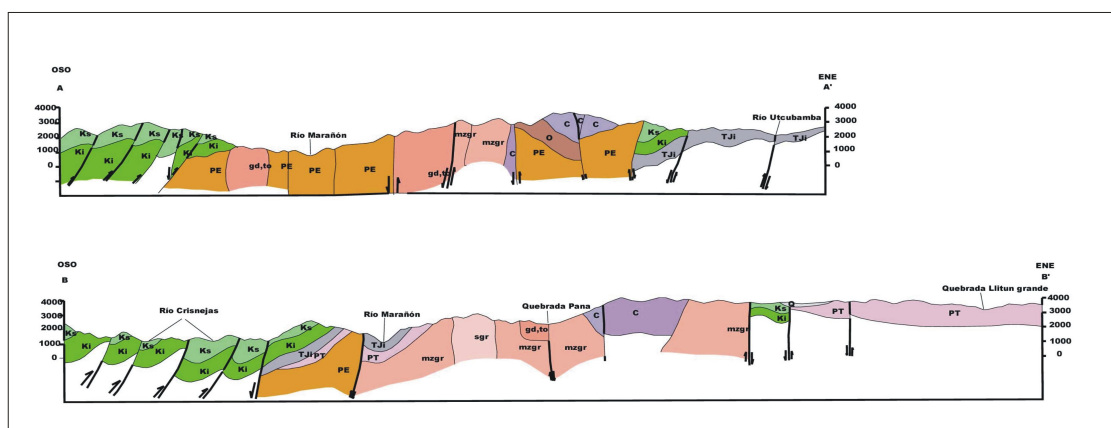


Fig. 3.4 Perfiles geológicos

Figura 3.4 Perfiles sección transversales a la estructura regional. AA' a la altura de Gollón y BB' al sur de Bolívar, se destaca bloques y fallas subverticales en la parte central, a la izquierda fallas imbricadas

Andes Centrales. Sin embargo, es conveniente resaltar algunos rasgos peculiares de las principales fallas que existen en el área de estudio.

Falla Limón.- Tiene un recorrido de 100 Km a lo largo de una dirección N 30° O en la parte sur que cambia a N 20° O al oeste de Balsas, por su trazo rectilíneo se infiere que es una falla vertical a subvertical y su último movimiento ha sido en sentido normal levantando el bloque oriental, además parece haberse comportado como una falla de rumbo diestro. Constituye el límite de la faja caracterizada por deformación de cobertura meso – cenozoica.

Falla San Vicente – Poña.- Sigue un recorrido de más de 110 Km con una dirección N 18° O con algunas flexiones por intersección con otras fallas. Su principal movimiento parece haber sido como falla normal levantando el bloque occidental (foto 3.19), definiendo un horst con la falla Limón. No obstante, a lo largo de su recorrido se observa cambio en el sentido de movimiento, así por ejemplo, entre San Vicente y Quebrada Honda esta falla se ramifica en varias fallas inversas con sentido de inclinación hacia el ENE (foto 3.20), mas al norte se ramifica en varias fallas inversas con movimientos en sentido opuesto y continua también como falla inversa levantando el bloque occidental.

Falla Bolívar – Longotea.- Es una falla de trazo recto y rumbo N 60° O que ha levantado el bloque suroeste, esencialmente conformado por rocas paleozoicas que se ponen en contacto con rocas mesozoicas. Entre Unamen y a lo largo de la depresión donde se encuentra Bolívar, la cual se prolonga al sudeste, esta falla se comporta como un graben de 1 km de anchura, donde rocas cretácicas se encuentran entre macizos más antiguos; más hacia el sur las rocas plutónicas entran en contacto con rocas mesozoicas y el graben tiene mayor amplitud. Se puede observar que esta falla ha tenido movimientos horizontales en sentido diestro, si bien su historia resulta siendo complicada de acuerdo a los rasgos geológicos.

Zona de Fallas Bambamarca – Sichaya.- Son un conjunto de fallas normales escalonadas de dirección N 40° a 55° O que han levantado el bloque nororiental conformado por intrusivos del Batolito y la Formación Lavasen, se localizan mayormente en un graben de rocas mesozoicas con variación de altitud descendente y escalonada hacia el oeste.

Falla Barro Negro – La Joya. y falla Lluy – Kuelap. -se encuentran al este de la divisoria de la Cordillera Oriental, tienen una dirección promedio N 30° O y limitan los afloramientos de rocas paleozoicas y proterozoicas dando lugar a un semigraben de rocas mesozoicas hacia el río Utubamba. Su movimiento principal ha sido normal levantando el bloque occidental, sin embargo sus movimientos mas recientes pueden tener efectos tipo falla inversa (foto 3. 21).

Falla Balsapampa, Jahuay, Retama.- Ubicadas entre las fallas San Vicente – Poña , Barro Negro, siguen una dirección aproximadamente paralela a aquellas y tienen movimiento inverso con sentido de inclinación al oeste sudoeste, de modo que el bloque oriental más antiguo sube sobre rocas del Cretáceo inferior en el caso de la falla de Balsapampa (foto 3.22).

Existe otro tanto de fallas con recorridos paralelos a las principales o con ángulos de 40° a 45°, con desplazamientos que afectan a rocas cretácicas, relacionados a la tectónica andina, responsable de la configuración morfológica y estructural de los Andes actuales.



Foto 3.19 Vista al norte desde Abra de Poña. Valle Longitudinal, falla San Vicente Poña a la izquierda son rocas del Complejo del Marañón a la derecha rocas mesozoicas, al fondo poblado de San Vicente



Foto 3.20 Ramificación de falla San Vicente Poña, vista al N



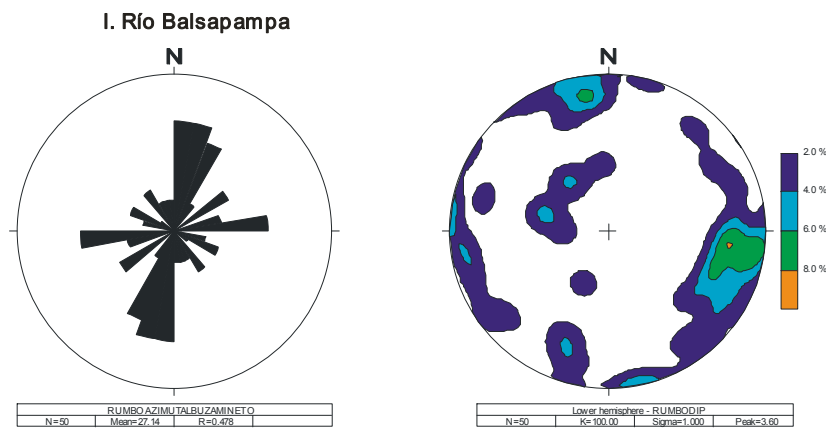
Foto 3.21 Reactivación en sentido inverso relacionada a falla Lluy Kuelap en calizas cretácicas al N de Sto. Tomás viendo al SE



Foto 3.22 Falla Balsapampa inclinada al NE izquierda tonalita Gollón, derecha areniscas y calizas cretácicas viendo al SSE

3.1.6.4 Diaclasas

Las fracturas que se encuentran en cuerpos intrusivos tienen direcciones y densidades variadas; en la figura 3.5 se grafican las direcciones preferenciales en los diagramas de rosas y las figuras de contornos a la derecha representan los polos de los planos de diaclasas, que dan indicación acerca de las inclinaciones de los planos de fracturas. Corresponden a datos tomados en cuatro lugares diferentes.



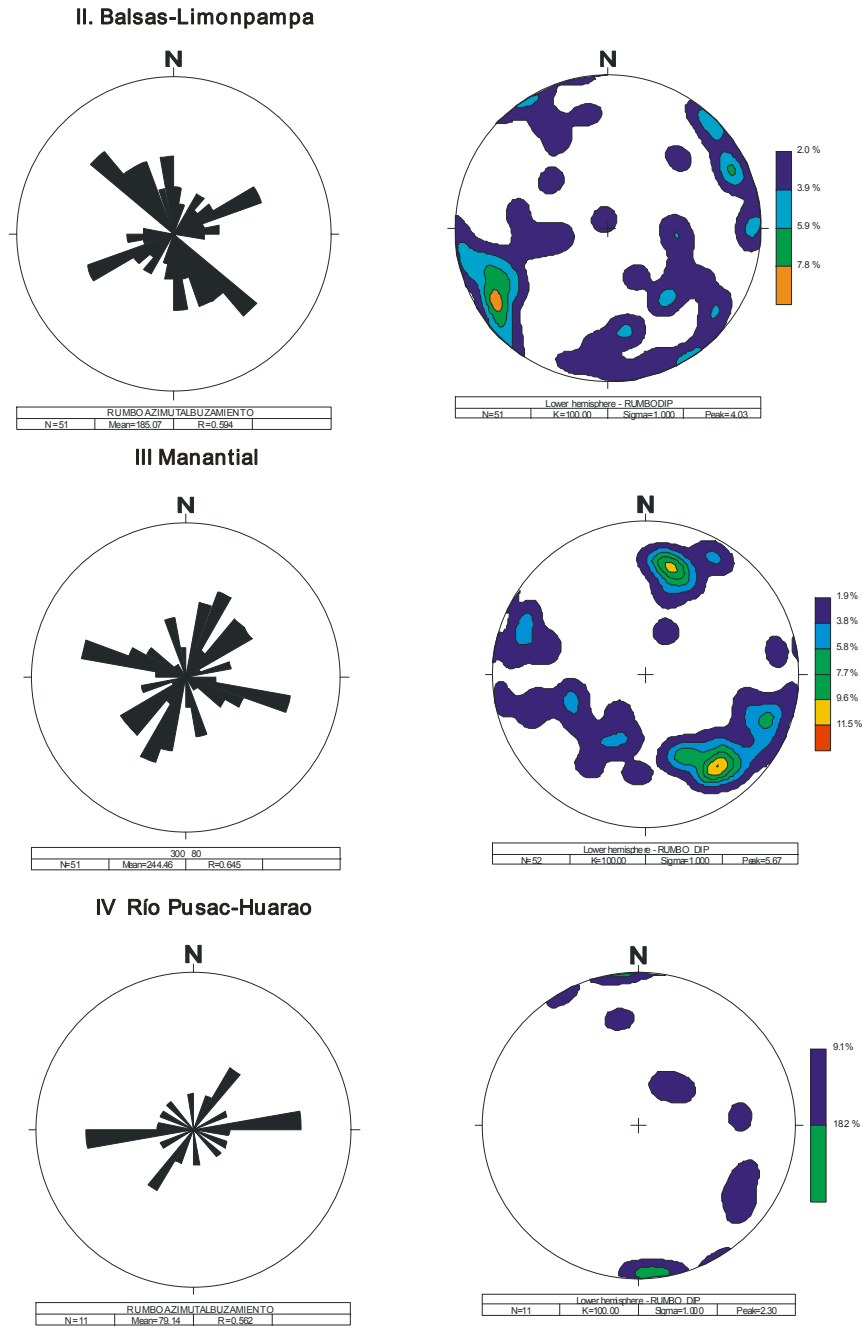


Figura 3.5 Rumbo de diaclasas en las rosetas y polos de sus planos expresados en contornos de acuerdo a su densidad.

Limonpampa y Manantial ubicadas en donde ocurre un cambio en la dirección de las estructuras regionales de N 30° - 40° O a N 10° - 20° O; muestran una mayor densidad de fracturamiento y las siguientes direcciones principales N 20° - 50° O, N 70° - 80° O, N 10° - 30° E, N 70° - 80° E, al parecer tienen influencia de los componentes de esfuerzo, relacionados con las fallas que han controlado el movimiento de bloques en sentido vertical, longitudinal y rotacional.

3.1.6.5 Esquistosidad

Estas estructuras se observan esencialmente en las rocas metamórficas del Complejo del Marañon y en la Formación Contaya en el grado de clivaje pizarroso.

En gneises y esquistos la esquistosidad tiene las siguientes direcciones predominantes N 20°-30° O, N 50°- 60° O y N 40°-70° E y N –S (figura 3.6) e inclinaciones entre 30° a 80° al NE, entre 35° a 80° al SO y entre 25° a 60° al NO y SE, ello representa teóricamente diversas fases de deformación que han afectado a las rocas metamórficas antes del emplazamiento de los cuerpos batolíticos, ya que se observa bloques de rocas metamórficas polideformadas incluidas como xenolitos dentro de los cuerpos plutónicos en las zonas de contacto, por ejemplo en los contactos de la unidad granodiorita – tonalita Balsas.

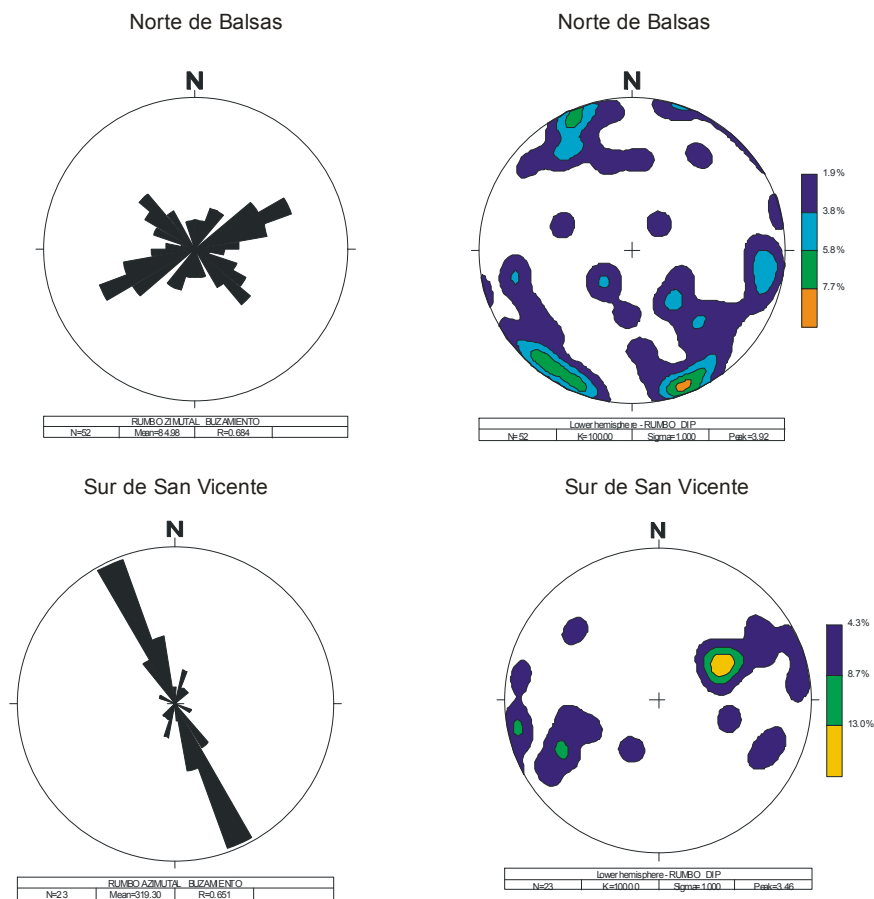


Figura 3.6 Direcciones preferenciales de la foliación o esquistosidad en el Complejo del Marañon

Además, se puede notar mayor grado de deformación en los afloramientos que se encuentra en ambos lados del río Marañon, y conforme se avanza hacia al este la esquistosidad es mas simple y planar hasta el grado que en las proximidades de Santo Tomás puede aún observarse la estratificación (S_0) y una esquistosidad (S_1) casi concordante con aquella.

En el caso de los afloramientos del Complejo del Marañon en las cercanías de San Vicente se observa polideformación y la orientación preferente de los gneises y esquistos que siguen el rumbo andino.

En el caso de la Formación Contaya la esquistosidad es aproximadamente paralela a la estratificación de tipo clivaje pizarroso, si bien, se observa algunas secciones con esquistosidad penetrante a nivel inicial.

La mayoría de rocas ígneas plutónicas del Batolito no muestran foliación con excepción de los cuerpos de granodiorita tonalita Balsas que se encuentran en el valle de Huanabamba (Foto 3.5) donde se observa una orientación de los minerales máficos que siguen una dirección N 35°-40° O con inclinaciones de 85° NE o verticales, estas coinciden localmente con la foliación de los gneises que son la roca caja, la localidad se encuentra 1 km al este de Huanabamba. Aguas arriba, el otro cuerpo

plutónico tiene una orientación moderada de los máficos según una dirección N 30° E con inclinación de 50° al SE paralelo a su contacto norte con las rocas metamórficas.

También se ha observado esquistosidad de fractura moderada, de dirección N 20° – 30° E, 65° NO en el cuerpo de monzogranito Yalen que se encuentra al noreste de Chuñuen en las proximidades a una de las fallas Bambamarca – Sichaya.

En conclusión las esquistosidades y foliaciones que se observan en el Complejo del Marañón anteceden al emplazamiento del Batolito con excepción de aquellas del valle de Huanabamba que pueden ser contemporáneas y la esquistosidad de fractura que se ha encontrado en rocas plutónicas en las proximidades a fallas, lo cual indicaría un efecto de movimiento en cizalla vinculado a fallas de rumbo.

3.1.7 Mineralización

El área de estudio se encuentra en la Provincia Andina Oriental según Bellido E. y De Montreuil L., (1972) caracterizada por yacimientos filonianos donde el oro se presenta como inclusiones en el cuarzo y pirita y como solución sólida en el sulfuro de hierro. De acuerdo al conocimiento actual en el área de estudio se tienen rocas proterozoicas, paleozoicas, mesozoicas, donde se han descrito indicios de mineralización aurífera y polimetálica (Sánchez A., 1995), según las asociaciones mineralógicas se han separado la subprovincia polimetálica caracterizada por la mineralización de Ag, Pb, Zn, Cu, Au mayormente relacionadas a rocas carbonatadas del Grupo Pucará y por otra parte la subprovincia aurífera donde se encuentra mineralización principalmente como relleno de fisuras relacionadas a procesos tectónicos y magmáticos de los ciclos Paleozoico y Mesocenoico.

Es necesario indicar que en la actualidad la minería metálica en la región de estudio no desarrolla actividades de extracción. Aunque si existen cateos y prospectos que vienen siendo explorados en los últimos años; en el caso de Gollón el Consorcio Minero Horizonte explora el prospecto Minas Pindo.

El Batolito de Gollón – Callangate se encuentra en la subprovincia aurífera y las evidencias de mineralización que se conocen, se encuentran en la vecindad de Chalabamba, en Lavador y al norte de Gollón como vetas de cuarzo que en algunos casos han sido trabajadas artesanalmente, aparte existen algunas estructuras con Au en el Complejo del Marañón al oeste de Santo Tomás. La mayoría de las vetas con contenidos de mineralización de oro se encuentran en rocas graníticas excluyendo aquella que se encuentra entre Chalabamba y Molinete al oeste - sudoeste de Bolívar.

3.1.7.1 Area Chalabamba – Molinete

Se localiza 10 Km al OSO de Bolívar en afloramientos de rocas pelíticas del Ordoviciano y rocas metavolcánicas y metasedimentarias que subyacen a las anteriores. En esta parte se encuentran algunas labores pequeñas que siguen estructuras tipo vetas de cuarzo de corto recorrido, emplazadas en dirección transversal dentro de rocas pelíticas, así en el paraje Yunguilla se observa una veta (muestra TBT – 29) de 60 a 70 cm de grosor con dirección N 35° inclinada 75° SE coincidiendo con una caída de agua, sin embargo, algunos metros hacia el suroeste esta estructura se inclina sólo 30° al SE; la figura 3.7, representa el arreglo de los componentes en una media barreta en la veta del sector de Yunguilla.

Puede notarse un dique andesítico en la caja piso y además la presencia de alteración en ambos lados de la estructura.

Otra veta de cuarzo (TBT – 34) se ubica a la derecha del camino Molinete – Chinchin sigue una orientación N 20° con inclinación de 38° al SE, su grosor es de 10 cm consiste de cuarzo y limonitas.

En la falda izquierda de de la quebrada Chalabamba al este sudeste de Shalcapata se observa un pequeño pique de 4 metros donde se ha tomado la muestra TBT – 32 con evidencia de pirita fina que corresponde a una estructura segmentada de 20 a 25 cm de grosor y que sigue la dirección N 300 inclinada 65° al SO, mayormente de cuarzo blanco y limonitas hacia los borde, esta emplazada en metapelitas y metavolcánicos del Complejo del Maraón.

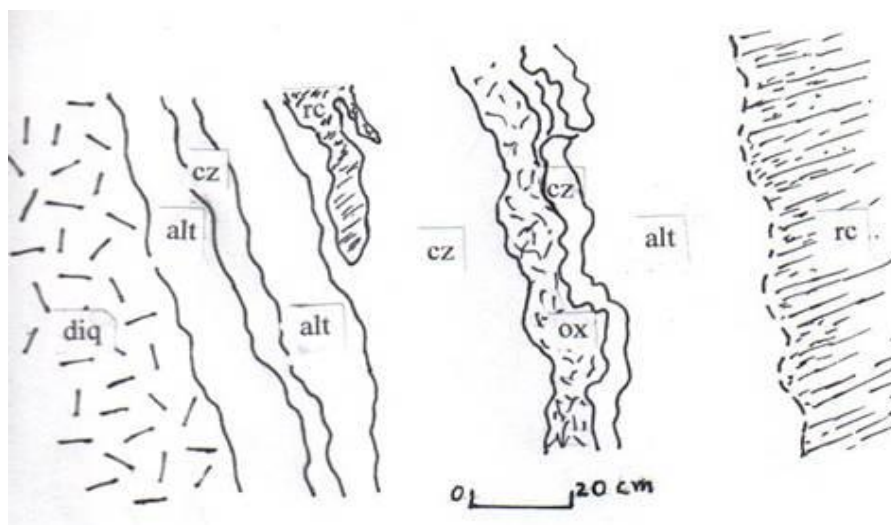


Figura 3.7 Componentes de una veta de cuarzo en el sector de Yunguilla, la roca caja (rc) son pelitas pizarrosas de la Formación Contaya, sentido de observación viendo hacia el Este.

Los recorridos observables de estas estructuras son de algunas decenas de metros, observación que se dificulta por la abundante cobertura no consolidada y la vegetación.

Algunas de las vetas observadas se han representado en la figura 3.8 si bien no son muy desarrolladas se ha detectado presencia de Au en muestreo tipo concentrados practicados en sedimentos de quebrada (Galloso A., 1992, en Sánchez A., 1995).

3.1.7.2 Área de Lavador

Se encuentra 12 km al SSE de San Vicente, al oeste y sur de Poña en los cerros conocidos como el Lavador, entre las cotas 2000 a 2900, donde se halla la tonalita Lavador, se ubican estructuras tipo vetas o filones (figura 3. 9) de cuarzo blanco y calcita que muestran discontinuidad debido a desplazamientos ocasionados por fallas transversales pequeñas, o por estrangulamiento y ramificación de la veta.

Al noroeste de Lavador existe una veta de dirección N 33° O e inclinación de 52° al NE, su grosor es 45 cm. Su caja piso es la tonalita Lavador bastante fracturada y la caja techo es la misma tonalita pero mas fresca sin mayor fracturamiento, aunque se observa desplazamiento de algunos centímetros en fallas pequeñas que están dispuestas en posición normal (N 50° - 60° NE) a la veta (figura 3.10), se considera que su prolongación al NO en forma segmentada llegar hasta 3 km (figura 3.9), en esta estructura se han tomado las muestras TBT-05, TBT-08, TBT-20, TBT-21, TBT-23 en las que se han obtenido valores de 0.01 a 0.92 gr/t de Au; sin embargo A. Sánchez, (1995) señala dos valores de 3.00 y 8.00 gr/t de Au en la zona de Lavador.

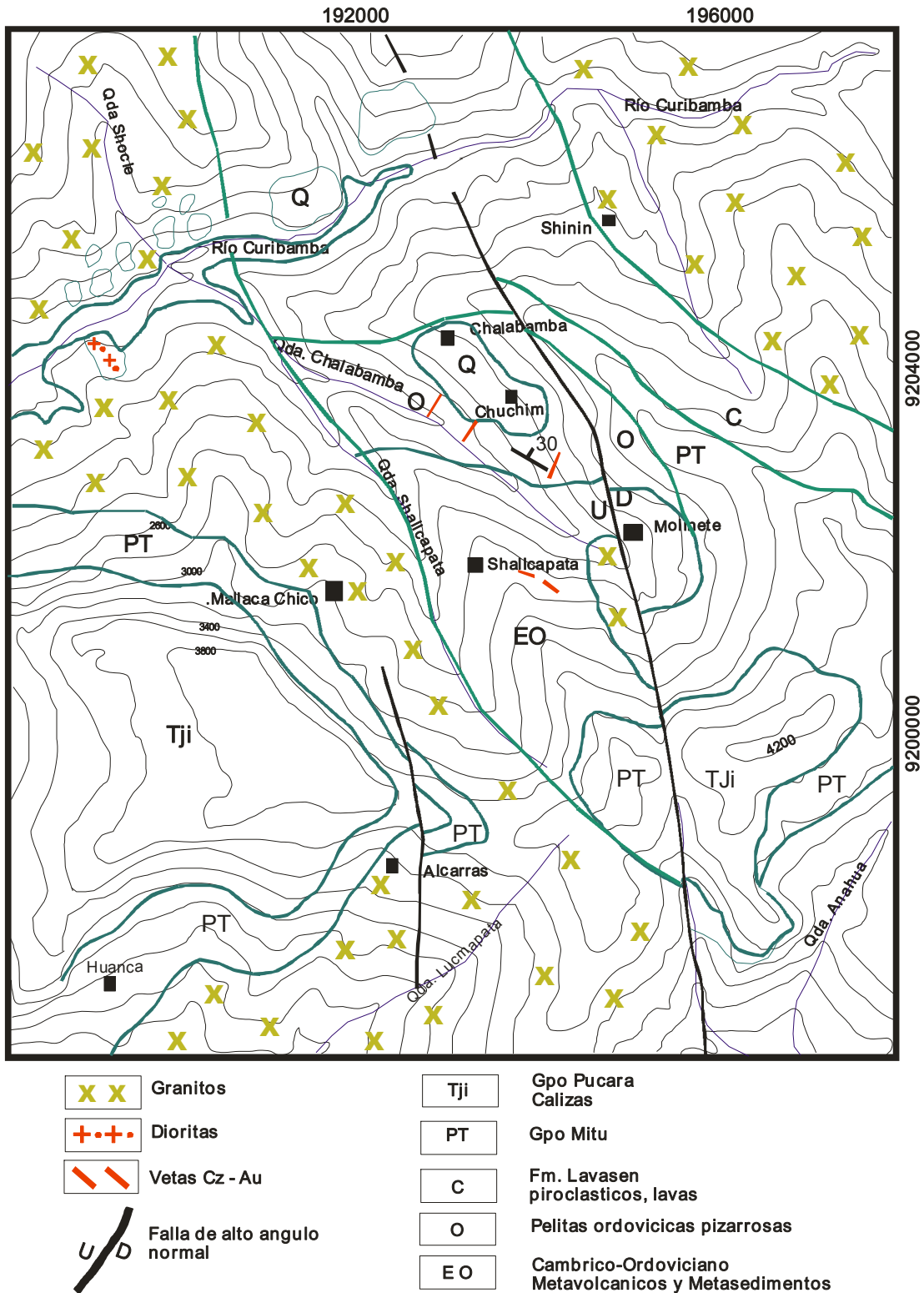


Figura 3.8 Geología y ubicación de vetas de Au en rocas metasedimentarias y metavolcanicas del Paleozoico Inferior Chalabamba

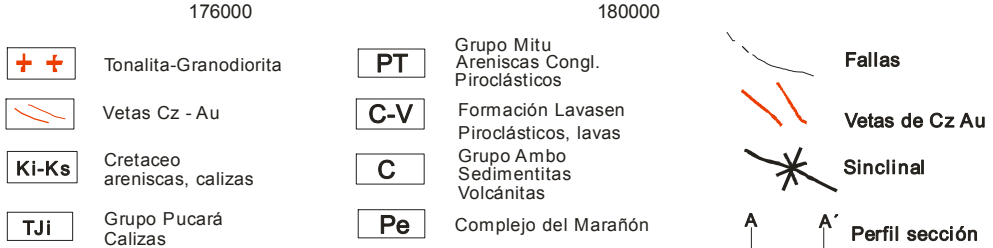
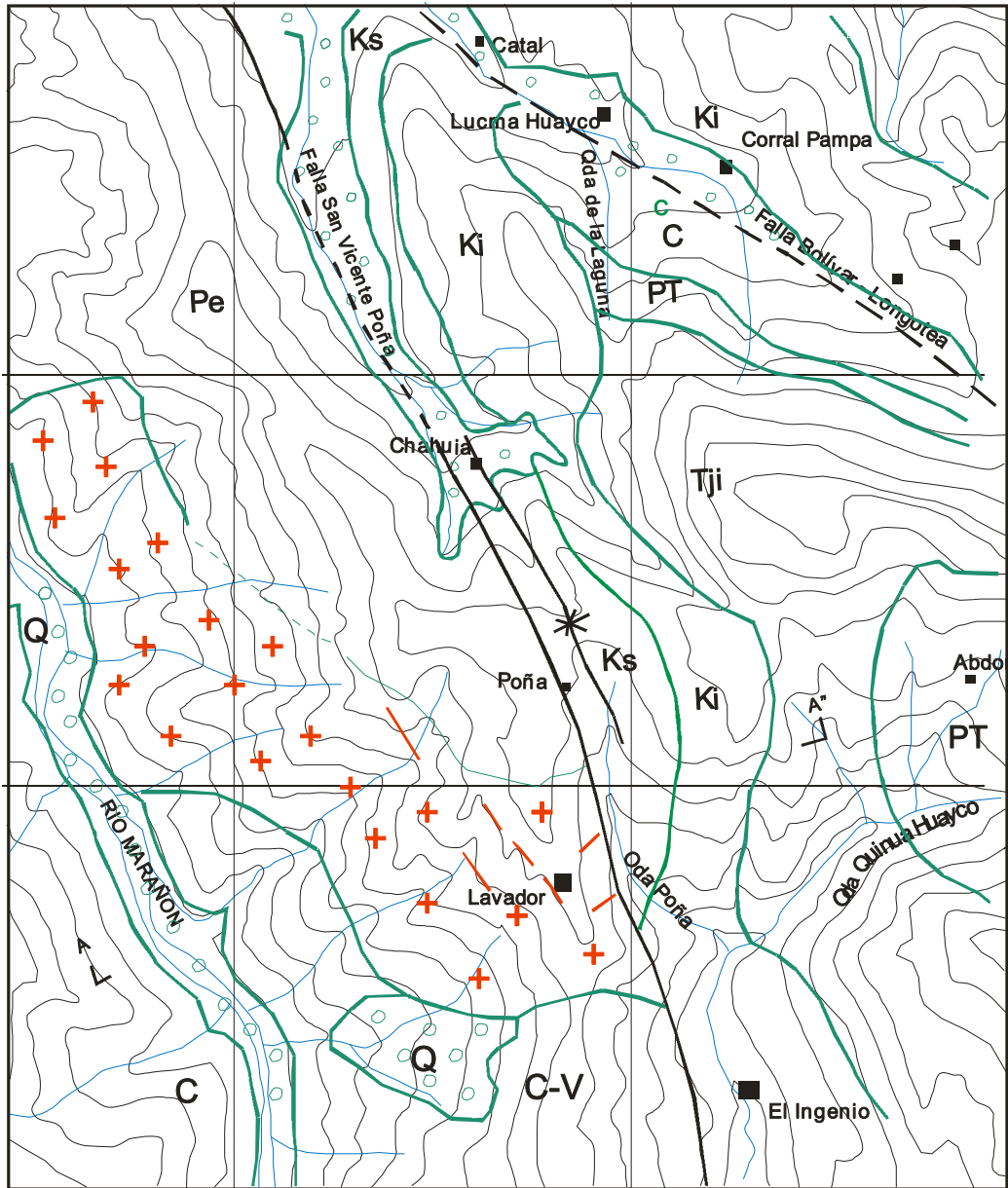


Figura 3.9 Geología del área de Lavador en relación a las vetas de Au.

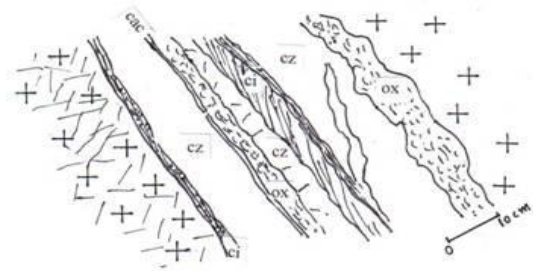


Figura 3.10 Estructura de la veta Lavador observa da en media barreta al NO del paraje del mismo nombre

Por su parte dos muestras (TBT-15 y TBT-18) de vetas disturbadas que se encuentran en el camino Poña a Ingenio han rendido valores de 0.92 y 0.89 gr/t de Au.

En este caso se puede notar una veta de 70 cm de anchura emplazada en la tonalita

Lavador con una dirección N 226° y en posición vertical limitada en sus contactos por

material triturado de 2 a 5 cm de grosor y con fracturas oblicuas con inclinación de 60° que cruzan toda la estructura (figura 3.11), también puede observarse sistema de fallas de dirección N 40° O inclinadas 40° a 45° al SO que desplazan a veta de cuarzo (Figura 3.12) en sentido diestro; estas fallas tienen dirección aproximadamente paralela a la falla San Vicente – Poña.

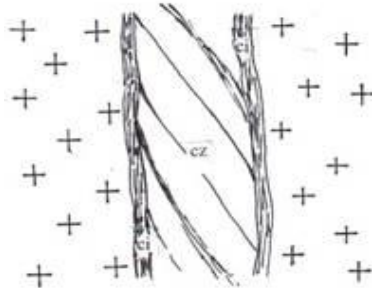


Figura 3.11 Estructura regular en veta vertical

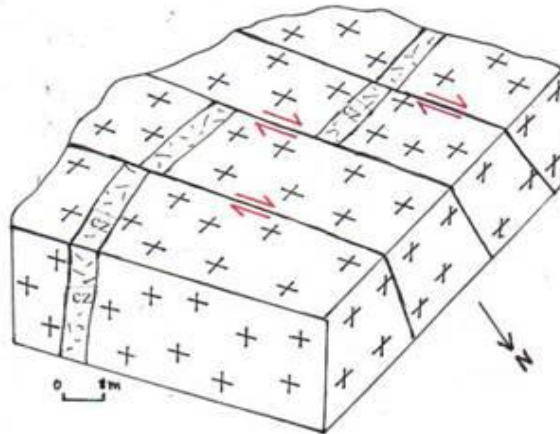


Figura 3.12 Fallas menores paralelas a Falla San Vicente – Poña, desplazan veta de cz en sentido diestro.



Foto 3.23 Veta de cuarzo segmentada y con relleno de fractura por tensión sector sudoccidental cerro Minas



Foto 3.24 Veta ramificada en sector sudoccidental, C° Minas área Lavador.

En general las vetas están segmentadas (foto 3.23), ramificadas (foto 3.24), acuñadas y con bordes cizallados debido a los movimientos de deformación, su inclinación preferencial es hacia el este (figura 3.13) y en el caso de aquellas fallas de dirección noreste tienen posición subvertical.



Foto 3.25 Acuñaamiento de veta Lavador en galería de dirección NO



Foto 3.26 Veta secundaria vertical con material cizallado en las paredes, viendo al NE. Sector Lavador.

En general las vetas están inclinadas hacia el Este (figura 3.13), dentro de la tonalita – granodiorita con hornablenda de Lavador; sin embargo en sus terminaciones hacia el noroeste generalmente se ramifican y desaparecen. En el sector oriental de Lavador en la pendiente que da a la quebrada Poña, las vetas tienen direcciones NE, al parecer como resultado del arrastre de la Falla San Vicente – Poña que ha tenido un movimiento lateral en sentido diestro.

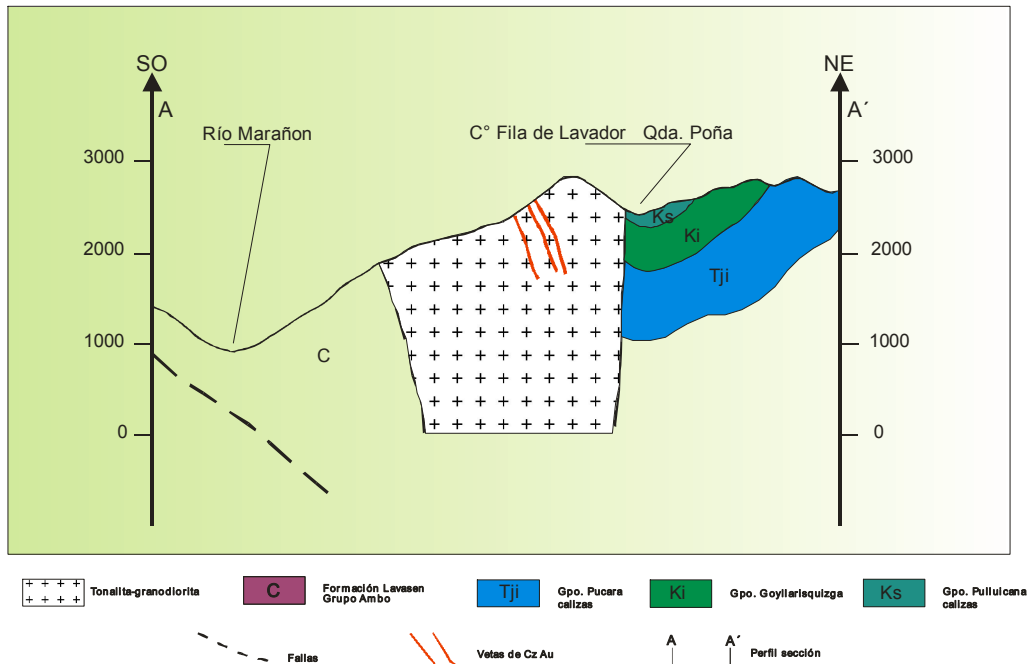


Figura 3.13 Perfil sección Lavador. Inclinación de vetas mayor de 60° al NE.

3.1.7.3 Área Gollón

Se encuentra en la región Amazonas, provincia de Chachapoyas al norte del Abra Chanchillo en los alrededores del pueblo de Gollón al norte entre el río Illabamba y la quebrada Soledad. La mineralización aurífera, en el área de Gollón esta relacionada a vetas de cuarzo emplazadas principal-

mente en la tonalita – granodiorita Gollón (Figura 3.14). Las vetas siguen una dirección general NO – SE, sin embargo existe una variación entre N – S a N 50° O y están inclinadas con ángulos 32° a 75° al este – noreste; además de encuentran algunas ramificaciones de las vetas o estructuras secundarias que siguen direcciones al noreste e inclinadas al SE. Se ha observado la presencia de 15 vetas de cuarzo con grosores variables menores de 1 metro y entre altitudes de 1400 a 3400 msnm, la mayoría de ellas a lo largo de las cumbres entre los cerros Sombrero y Chone y el río Gollón. Sin embargo, por comunicación personal de los geólogos de la compañía Consorcio Minero Horizonte que viene explorando la región se sabe de la existencia de 27 estructuras dentro de un área de 50 x 50 Km, emplazadas en su mayoría dentro de la tonalita – granodiorita Gollón, unidad clara. Se trata del área donde se ha encontrado la mayor cantidad de vetas, cuyo arreglo espacial puede representarse preliminarmente mediante los perfiles sección de la figura 3.15, que siguen una orientación SO – NE. En ellos puede verse claramente que las vetas están inclinadas al este y se encuentran en rocas plutónica, limitadas por fallas regionales; lo cual es una característica regional de las vetas con mineralización aurífera reconocida en los yacimientos de Pataz, Parcoy y Buldibuyo.

Según el mapa geológico puede notarse que la mayoría de las estructuras tipo vetas de cuarzo se encuentran entre la falla de la quebrada Yauman en el oeste y la falla de Sombrerurco en el este, formando ángulos menores de 20° con la dirección de las mismas, sus recorridos pueden alcanzar hasta 3 km, aunque de modo discontinuo.

Una de las estructuras en las que se ha tomado muestras es la veta Mónica (TBT – 40 y TBT – 41) ubicada en la parte alta del cerro Chone a una altura de 2900 msnm, tiene una dirección N 25° O inclinada 32° al NE en superficie cambia su inclinación en profundidad llegando a 45° al NE, mientras que su grosor en superficie a lo largo del rumbo varía de 30 a 70 cm (figura 3.16); se observa que tiene hacia los bordes material deleznable de color marrón amarillento con limonitas, material de la roca caja y muscovita tanto en la zona de óxidos como en las paredes adyacentes. El cuarzo blanco constituye el cuerpo principal de la veta, es macizo con formas lenticulares, suele presentar venillas de cuarzo gris y venillas con óxidos.

Se observa otra veta mayormente de cuarzo lechoso con dirección N 10° E y una inclinación de 15° al SE a modo de bifurcación de la veta Mónica, su grosor es 80 cm; además existen otras ramificaciones que tienen rumbo similar e inclinaciones de 55° al SE aunque su grosor es menor de 15 cm.

Yendo hacia el sudoeste se observa las vetas Maruja, Laura, Marlene, a esta última corresponde la foto 3.27, se le ha observado en la cresta de los cerros que se encuentran entre el río Gollón y la quebrada Granadilla a una altitud de 2412 msnm, donde sigue una dirección aproximada N – S, que hacia el norte cambia a NO – SE, tiene un grosor de 60 cm, en la parte inferior esta limitada por material oxidado con fragmentos de cuarzo y roca caja alterada y un dique de grano fino, bastante fracturado y deleznable de 2 metros de grosor; en el contacto con la caja techo existe material con esquistosidad y fuerte fracturamiento y con material oxidado (figura 3.16); en la caja techo se observa dos ramificaciones de cuarzo blanco sin mayor contenido de oxidaciones.

La veta Regina (TBT–46) se encuentra pendiente abajo al oeste de la veta Marlene siempre

dentro de la tonalita – granodiorita Gollón, es una estructura de dirección N 20° O con buzamiento de 40° al NE y un grosor de 65 cm con bandas discontinuas de óxidos y material fragmentado, los cuerpos de cuarzo lechoso tienen formas lenticulares y como bandas, en algunos casos deformados, tal como se ha representado en la figura 3.16 y foto 3.28, relacionado a movimientos en cizalla de la roca caja. Además, en la caja piso se encuentra un dique gris oscuro, afanítico de 15 cm asociado con la veta. También tiene algunas venas de calcita y oxidaciones que cortan al cuarzo blanco y en algunos casos al cuarzo gris que suele ser poco notorio.

Caminando en dirección suroeste y descendiendo se encuentra la veta Alicia que sigue una dirección N 35° O inclinada 75° al NE, tiene un grosor de 35 cm, esta conformada por cuarzo y óxidos

emplazados en un dique verde oscuro, afanítico (foto 3.29), similar a aquel de la veta Regina, algunas venas de calcita cortan a la veta transversalmente (figura 3.16).

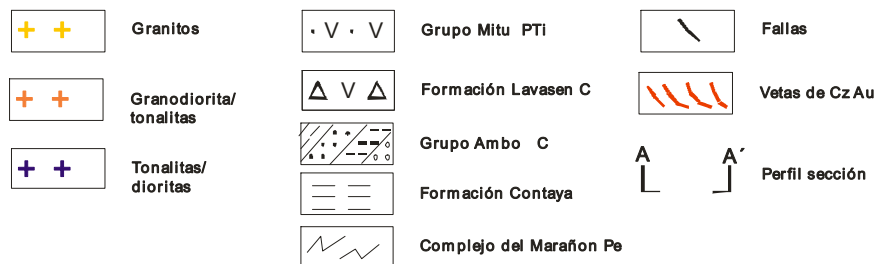
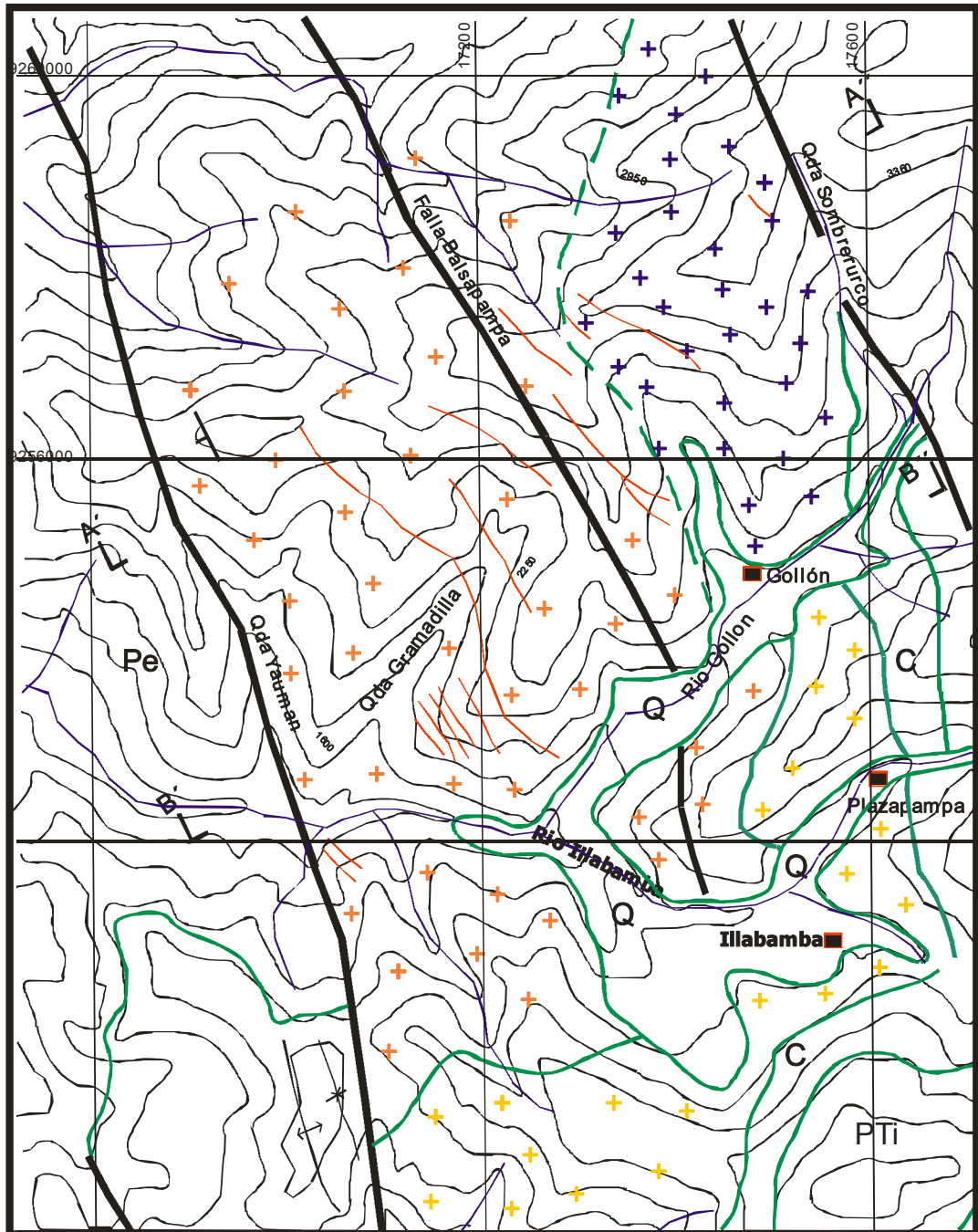


Figura 3.14 Geología y ubicación de estructuras mineralizadas Area de Gollón

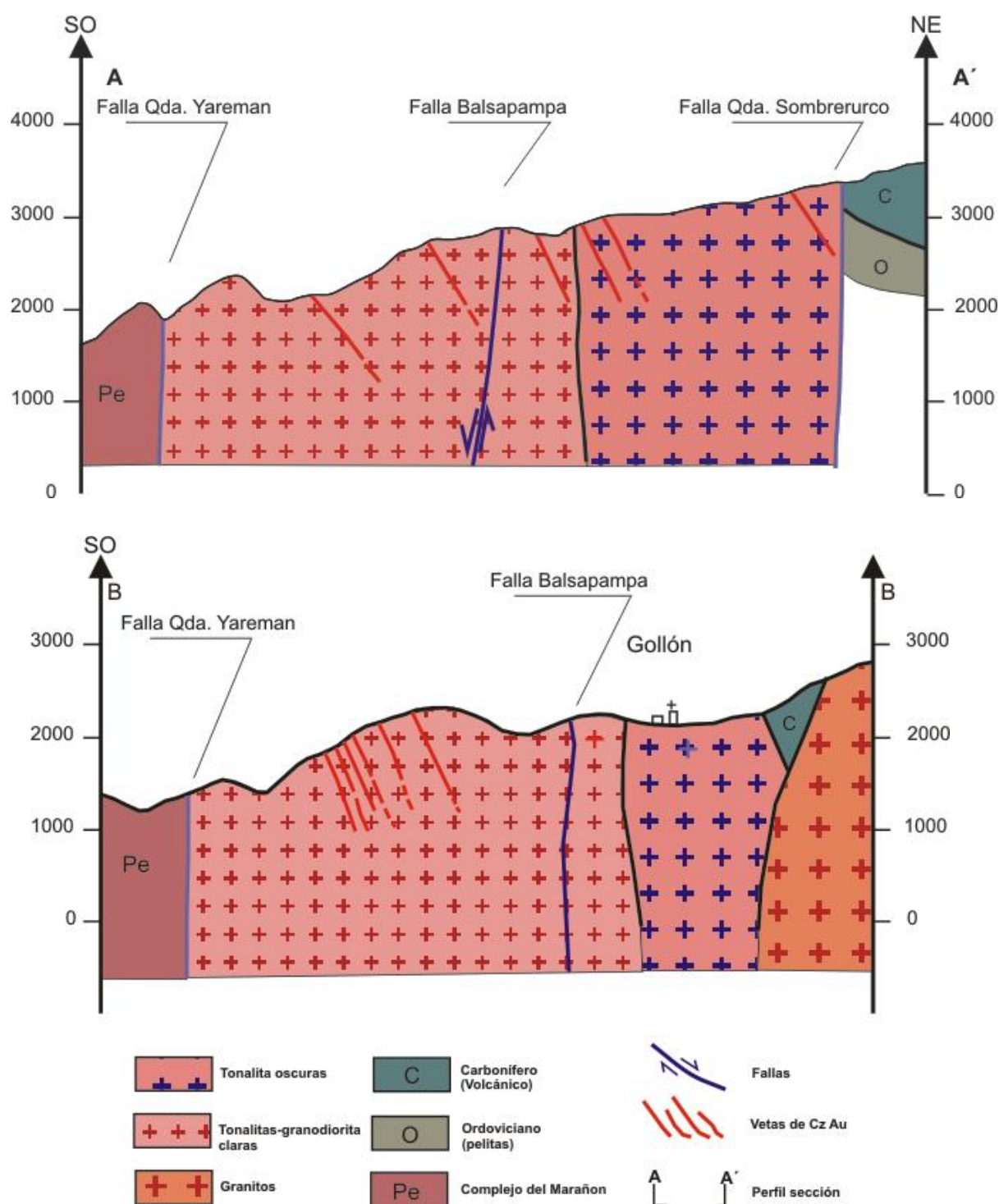


Figura 3.15 Perfiles Sección área de Gollón

En la foto 3.30 que corresponde a la veta «Granada» ubicada en el flanco sudoccidental del cerro Chone a una altura de 2004 msnm, se observa la estructura de dirección N 25° O inclinada 40° al NE y que tiene un grosor promedio de 80 cm (muestra TBT – 51); sin embargo, cuando se divide en un conjunto de vetas menores intercaladas con porciones de la roca caja que han sufrido una fuerte alteración hidrotermal, puede alcanzar grosores de 1.20 metros (figura 3.16). Es la estructura de relleno de fisuras que muestra mayor número de ramificaciones de cuarzo. Un análisis practicado en la muestra tomada ha rendido un valor de 1.88 g/t de Au.



Foto 3.27 Veta Marlene, viendo al sur



Foto 3.28 Veta Regina, deformada



Foto 3.29 Veta Alicia



Foto 3.30 Veta Granada. Viendo al NO



Foto 3.31 Veta Melba



Foto 3.32 Veta Antonia

Conforme se desciende hacia el sudoeste del cerro Chone se encuentra una mayor densidad de vetas, todas tienen direcciones e inclinaciones similares hacia el NE y están igualmente emplazadas en la tonalita clara Gollón; por ejemplo la veta Melba (TBT- 49 y TBT-50), sigue una dirección N 25° O inclinada 46° al NE, su grosor es de 45 cm a una altura de 1990 msnm y también esta asociada espacialmente con un dique afanítico gris oscuro en la caja piso (foto 3.31), de acuerdo a la estructura de la figura 3.16.

En las nacientes de la quebrada Pinshocucho al NNO de Gollón se encuentra la veta Antonia (foto 3.32) dentro de la tonalita oscura de la unidad Gollón, sigue una dirección N 30° O y una inclinación de 20° a 30° al NE concordante con el sistema principal de diaclasas del cuerpo intrusivo; su grosor de 70 cm corresponde a cuarzo blanco macizo sin mayor contenido de óxidos (TBT – 55). Se encuentra asociado un dique afanítico gris oscuro, verdoso.

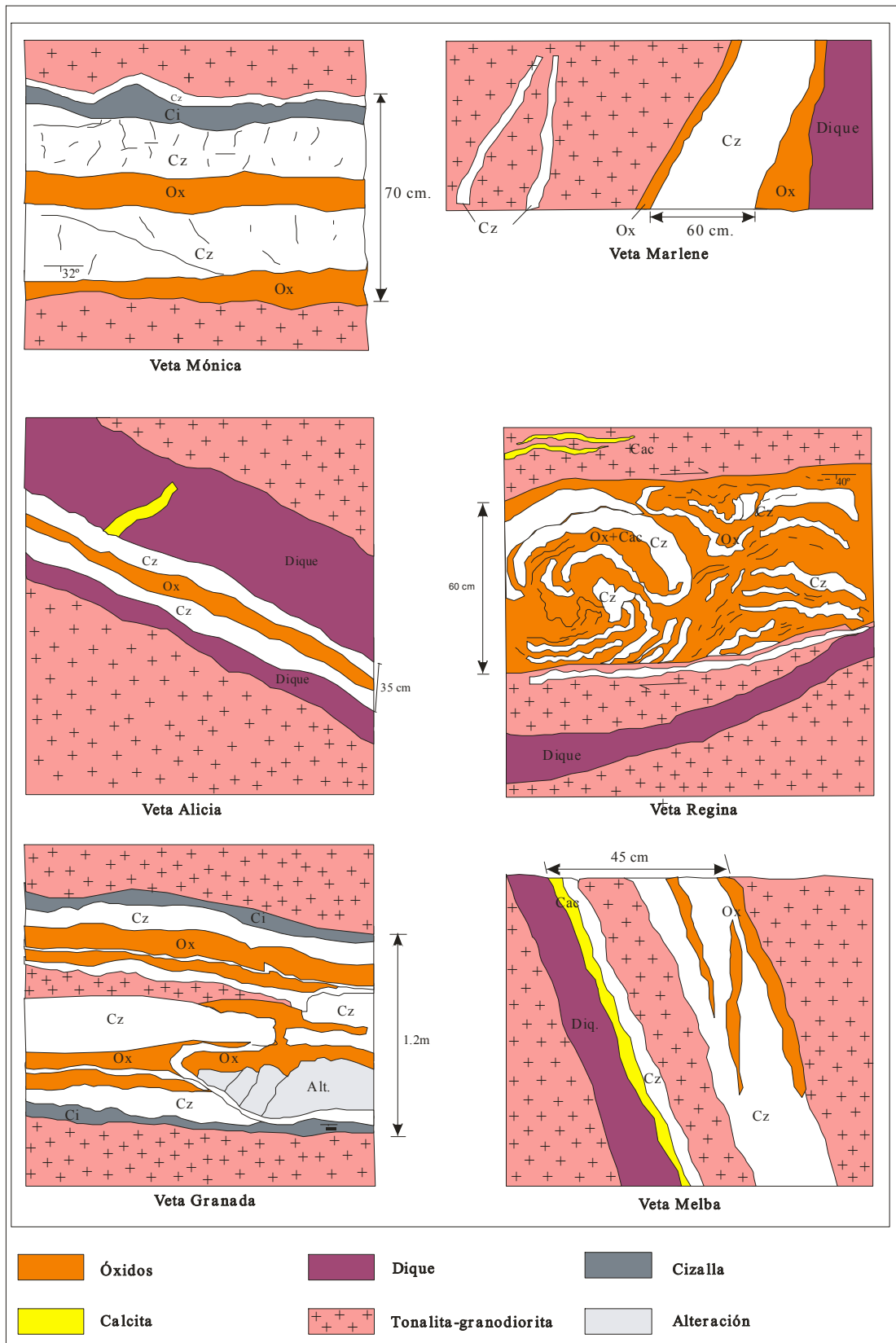


Fig. 3.16 Estructura y componentes de alguna vetas del área de Gollón; ++ Tonalita, Diq= dique mafico, cz=cuarzo, Ox= óxidos, ci= material cizallado, cac= calcita, Alt= alteración hidrotermal

Aparte de la roca caja que en la mayoría de los casos es la tonalita – granodiorita Gollón y los diques andesíticos (diq) de color gris oscuro, asociados espacialmente con la mayor parte de vetas del sector occidental del área de Gollón; los componentes que pueden observarse dentro de la estructura

de las vetas en todo el área de Gollón - Balsas (aprox. 36 x 20 Km.) cuyas altitudes varían entre 1200 a 3400 son:

- Cuarzo blanco masivo en bandas o lenticulares (cz)
- Cuarzo gris (cg) con pirita, galena y otros sulfuros como venillas dentro de cuarzo blanco
- Zonas oxidadas con limonitas, hematitas, muscovita y remanentes de la roca caja (ox)
- Venas o venillas de calcita con cuarzo y óxidos (cac)
- Zonas cizalladas con material de roca y cuarzo molido con alteración sericítica (ci)
- Roca con alteración hidrotermal, puede estar fracturada (alt.)
- Roca caja sin mayor alteración (+ +)

Estos componentes tienen distribución irregular en las estructuras de las vetas de cuarzo, no obstante se puede reconocer que las zonas cizalladas generalmente se encuentran en los contactos con la roca caja y algunas veces en la parte central de la estructura, las zonas oxidadas se encuentran en los bordes y entre las bandas de cuarzo blanco.

De acuerdo a las relaciones de contacto entre estos componentes se puede afirmar que la secuencia de emplazamiento ha sido la siguiente:

- cuarzo lechoso
- cuarzo gris con sulfuros
- venas de calcita

3.1.7.4 Área Horabuena – El Reo

Se encuentra en el sector nororiental del área de estudio en afloramientos del Complejo del Marañoñ localizados hacia el levante de la línea de cumbres de la Cordillera Oriental que se encuentra al oeste de Santo Tomás (figura 3.17).

La unidad que alberga a las vetas de cuarzo con Au, son filitas y esquistos verdes, del Complejo del Marañoñ, en los cuales se observan cuerpos lenticulares de cuarzo blanco así como algunas vetas que se alcanzan hasta 30 cm de grosor en casos extremos, predominan grosores de algunos centímetros.

En el prospecto Horabuena ubicado en la margen izquierda de las nacientes de la quebrada Pampahuayco a 3400 m de altitud, existe una veta de cuarzo lechoso (TBT – 79) en posición subvertical o inclinada al NE que alcanza hasta 45 cm de grosor, la misma que puede adelgazar e inclusive puede estrangularse; esta estructura sigue una dirección N 40° O, concordante con las rocas de caja que son filitas y esquistos grises y verdosos. El análisis de laboratorio de la muestra tomada ha rendido un valor de 3.51 g/t de Au.

En algunas partes de la veta se puede distinguir cuarzo con cavidades y algunas disseminaciones de pirita fina asociada con cuarzo gris que no es frecuente. No se observa alteración en las rocas metamórficas. Además de la estructura o veta principal existen otras vetas de cuarzo lechoso paralelas y de menor grosor, que de acuerdo a los trabajos artesanales realizados tienen menor importancia económica. En el lugar existen algunas galerías hasta de 30 metros, algunas trincheras y excavaciones que se han hecho para ubicar vetas, actualmente se encuentran abandonadas.

La localidad llamada El Reo se encuentra en la quebrada San José 6 km al sudeste de Horabuena, en un paraje que corresponde a un valle en «V» y con una densa vegetación tipo selva, a 3000 metros de altitud. La mineralización se encuentra en estructuras dentro de los esquistos del Complejo del Marañoñ, a modo de vetas y óxidos con grosores de 0.2 a 1.2 m siguiendo la dirección NO.

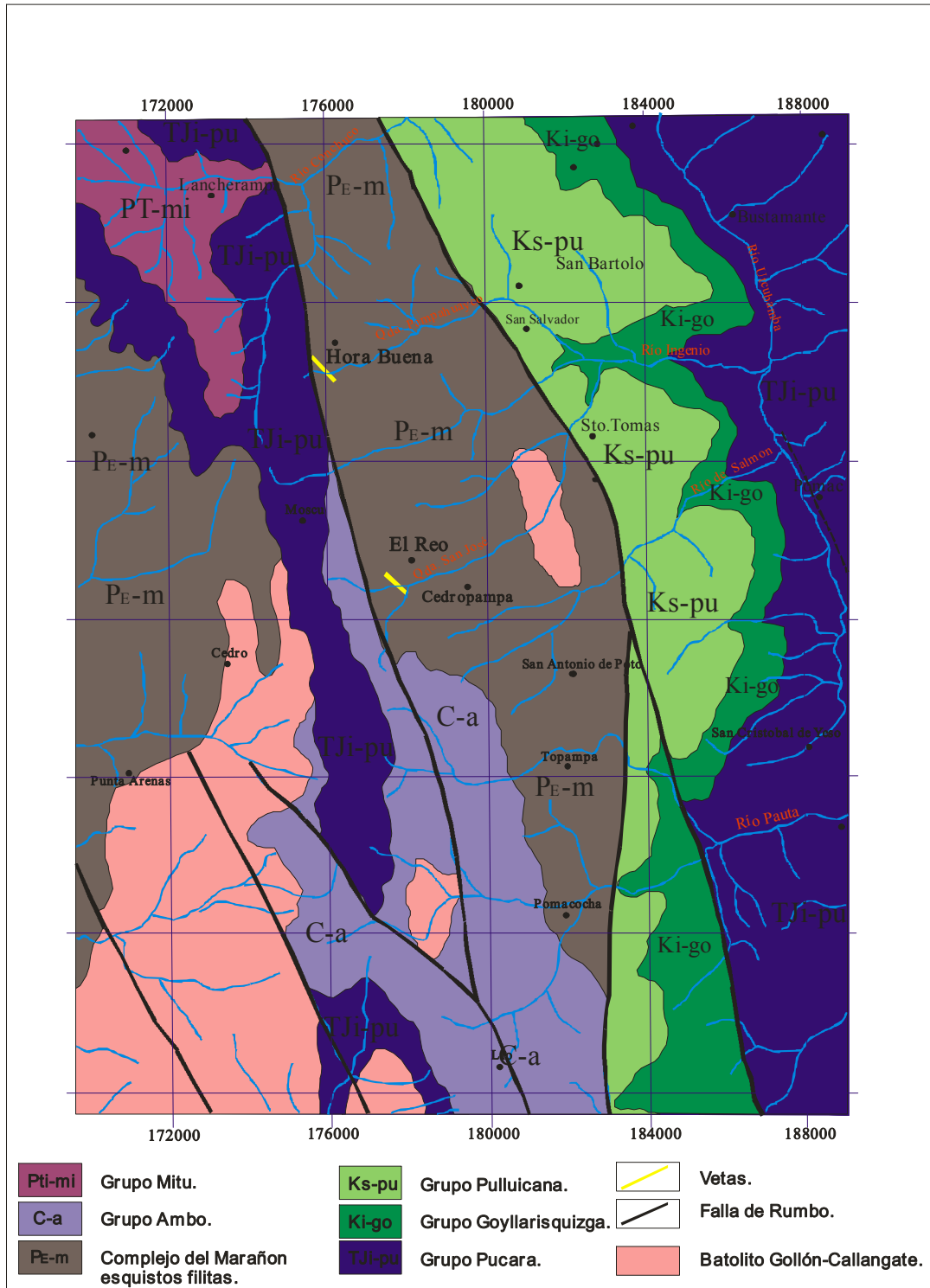


Figura 3.17 Mapa geológico del sector NE del área de estudio, ubicación de las vetas de Horabuena y El Reo, dentro del bloque de rocas metamórficas, limitado por fallas regionales

Allí, se ha explotado una estructura de 25 a 40 cm de grosor (TBT – 80), en dirección N 45° O e inclinada 70° al NE (foto 3.33), emplazada dentro de esquistos verdes de mica y cuarzo de textura lepidogranoblástica de grano medio a fino.

La estructura del Reo esta constituida por cuerpos de cuarzo lechoso y bandas delgadas de cuarzo gris asociada con pirita y otros sulfuros, en los límites con la caja techo y piso se observan limonitas y oxidaciones marrón amarillento e igualmente entre las bandas de cuarzo (foto 3.34).

A unos metros de la estructura mineralizada principal se encuentra un dique máfico tipo metahornablendita de 0.60 m de grosor, similar a otros cuerpos que se han encontrado dentro del Complejo yendo hacia el oeste a la parte alta de la Cordillera.



Foto 3.33 Estructura explotada en el Reo viendo hacia el SE, la caja son esquistos verdes



Foto 3.34 Detalle de la estructura, cuarzo en venas, óxidos, y cuarzo lenticular

En los esquistos se observa una alteración moderada tipo silicificación y propilitización, así como limonitización en la estructura mineralizada.

Se mencionan los contenidos de Ag entre 2 a 6 g/t y Au 0.5 – 1 g/t (Sánchez A., 1995), aunque informes antiguos refieren que la ley promedio era de 30 g/TM de Au (Escudero J., (1967) según trabajos realizados en 1920.

En los caminos que recorren transversalmente las estructuras del Complejo metamórfico en esta parte se observa abundantes vetas de cuarzo blanco, algunas con oxidaciones y otras con feldespatos blancos y rosados y algunas hojuelas de muscovita. También se observan bloques rodados de pegmatitas con mineralogía similar.

En resumen se puede decir que las estructuras de cuarzo en las rocas plutónicas siguen el rumbo NO – SE están inclinadas mayormente al E y NE, tienen frecuentemente evidencias de deformación tipo cizalla y un buen número de vetas esta acompañada de diques máficos, gris oscuros, afaníticos.

Las vetas de cuarzo son mas frecuentes en el área de y sus estructuras son similares y tienen componentes comunes.

3.2 Trabajos de Laboratorio

Durante el proceso de estudio, se han realizado estudios petrográficos de muestras del Batolito, algunas de los volcánicos Lavasen y otras del complejo metamórfico, para lograr un mejor conocimiento de los procesos durante cristalización y la composición modal de las rocas para tratar de clasificarlas adecuadamente.

Las muestras de veta en muestras de mano no evidencian mayor contenido de sulfuros y/o minerales de mena, se han estudiado solamente 7 muestras de minerales de mena a fin de observar

intercrecimientos y asociaciones minerales; luego se han analizado muestras de veta de cuarzo por multielementos a fin de tener idea de sus concentraciones.

Se han hecho análisis de elementos mayores y trazas de algunas muestras de rocas plutónicas para tener una idea acerca del ambiente de formación, algunos rasgos del material original y los procesos que se han dado hasta su cristalización.

En las microfotografías de secciones delgadas al microscopio que se mostraran en adelante el diámetro del círculo es 2.5 mm, como referencia de escala, en la mayoría de los casos se incluye las vistas en nicoles paralelos y nicoles cruzados.

3.2.1 Estudios Petrográficos

3.2.1.1 Complejo del Marañón

El Complejo del Marañón está formado esencialmente por rocas producto de Metamorfismo regional tipo orogénico, estas rocas constituyen el basamento cristalino sobre el que se han acumulado las unidades sedimentarias del Paleozoico y se han emplazado los cuerpos de origen mágnico.

Durante la historia geológica luego del metamorfismo que ha definido las características regionales de las rocas metamórficas, se ha producido ascenso, descenso y desplazamiento de bloques antiguos en relación con fallas de longitud regional, de manera que las rocas del complejo han estado expuestas a diversos cambios de presión, temperatura, la actividad de fluidos circulantes y por cierto el emplazamiento del Batolito Gollón – Callangate.

Una revisión rápida de los afloramientos del Complejo permite distinguir tres componentes principales, de acuerdo al grado de deformación y recristalización, yendo desde el sector noreste (Santo Tomás) hacia el sudoeste y sur:

- Rocas metasedimentarias y filitas
- Esquistos y filitas
- Gneises, esquistos y anfíbolitas

De manera que los gneises y esquistos de mayor grado se encuentran a lo largo del valle del Marañón hasta la localidad de Jecumbuy.

En la secuencia metasedimentaria que se puede observar en la parte oriental del bloque que aflora al oeste de Santo Tomás se tienen texturas lepidoblásticas, lepidogranoblásticas y granoblásticas en algunas metacalizas; tienen mayormente esquistosidad pizarrosa. Los minerales metamórficos más comunes son: muscovita, clorita, además de los componentes propios de los protolitos, que en este caso han sido rocas pelíticas, areniscas finas y calizas.

Conforme se avanza hacia la parte más alta de la Cordillera en el camino a Pircapampa se observa un incremento en el grado de deformación y en la presencia de minerales metamórficos, se observa la presencia de cuerpos lenticulares de cuarzo blanco y algunas bandas continuas cuyos grosores son de algunos centímetros, sin embargo algunas vetas de cuarzo pueden alcanzar hasta 30 cm excepcionalmente. Las rocas en este caso se describen como filitas y esquistos verdes y grises. La esquistosidad es cristalofílica muy fina a gruesa, aquella en la cual no se pueden ver los cristaloblastos a simple vista se describe como filitas y cuando los cristaloblastos se observan a escala mesoscópica se describen como esquistos.

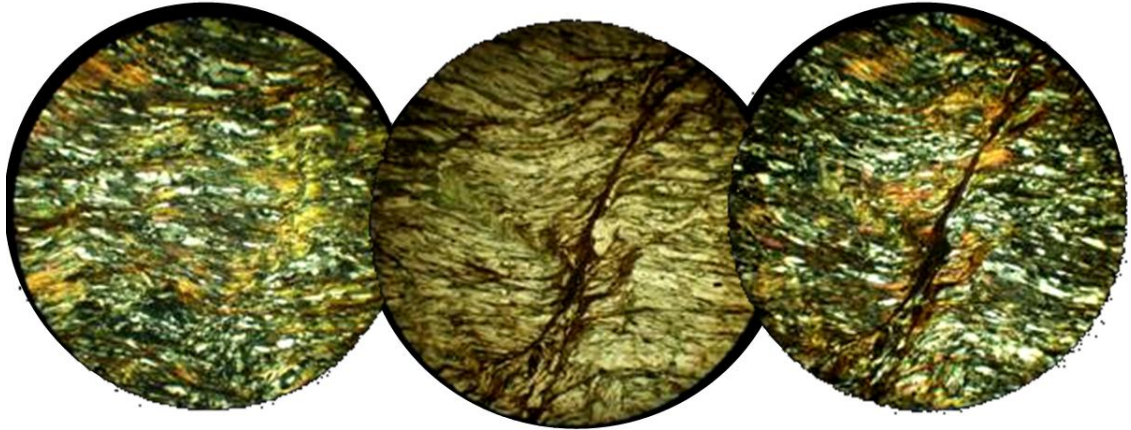


Foto 3.35 Microfotografía de esquistos mica – cuarzo de la localidad El Reo, se observa microplegamiento y microfallamiento que deforma foliación anterior (diámetro de círculo 2.5 mm)

La muestra TBT – 80 C (foto 3.35) constituye la roca caja de la veta que ha sido explotada en El Reo. En este caso la esquistosidad es subparalela ondulada y penetrante y se aprecia concentraciones de cuarzo en agregados policristalinos de forma lenticular, posibles precursores de los cuarzos que se encuentran ya más desarrollados al oeste. La textura es lepidogranoblástica y los minerales que se encuentran son muscovita, clorita, cuarzo, además opacos y limonitas.

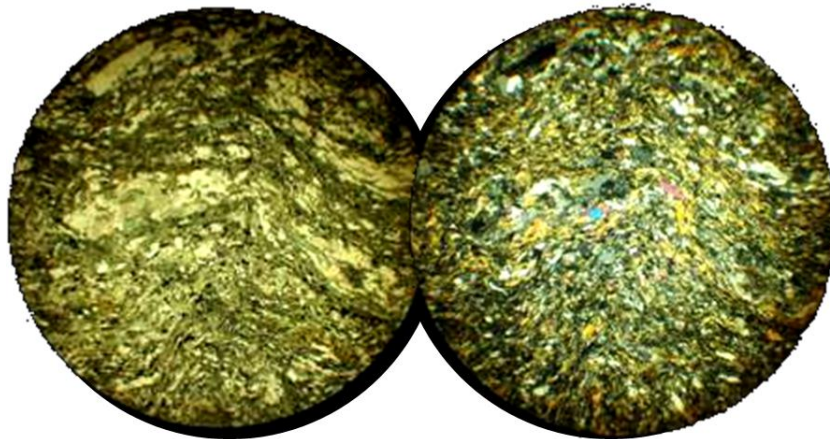


Foto 3.36 Microfotografía de la muestra TBT – 91 se observa plegamiento asimétrico y microfallas en esquistos verde (izquierda nicols paralelos), lenticulos de cuarzo.

La muestra TBT – 91 ha sido tomada en el camino Tuen a Balsas y corresponde a un esquistos verde con mayor deformación, en donde los cuerpos lenticulares de cuarzo son más evidentes a escala mesoscópica, la esquistosidad es de crenulación con asomo de foliación milonítica. En este caso las texturas se describen como nematogranoblástica y nematolepidoblástica según el caso, los minerales que se pueden distinguir son hornablenda, actinolita, epidota, cuarzo, wollastonita?, clorita.

En los esquistos verdes aproximadamente desde el Reo hacia el oeste se encuentran diques o pequeños intrusivos máficos dentro del Complejo del Maraño, un ejemplo es la muestra TBT – 83 (foto 3.37) tomada en el camino Santo Tomas – Pircapampa en el borde occidental del bloque de rocas metamórficas que tienen contacto fallado con rocas del Carbonífero y Grupo Pucará (figura 1.4).

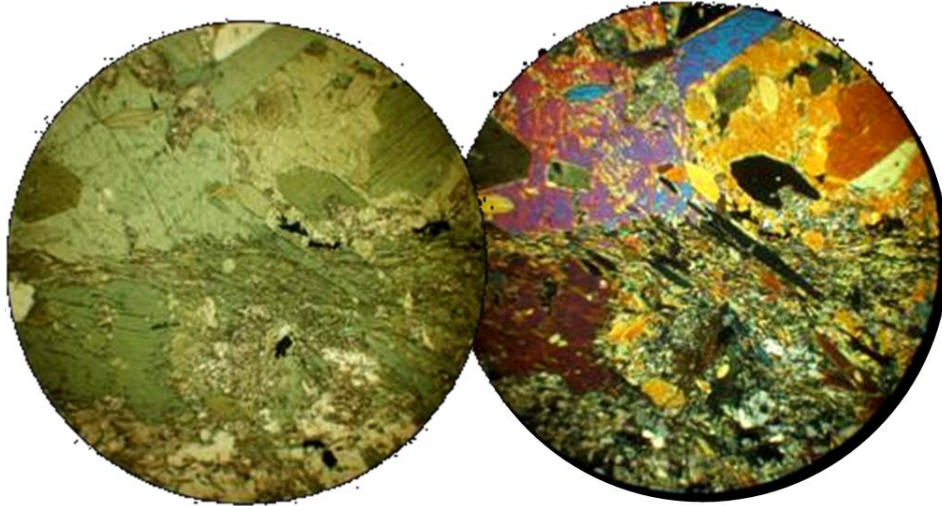


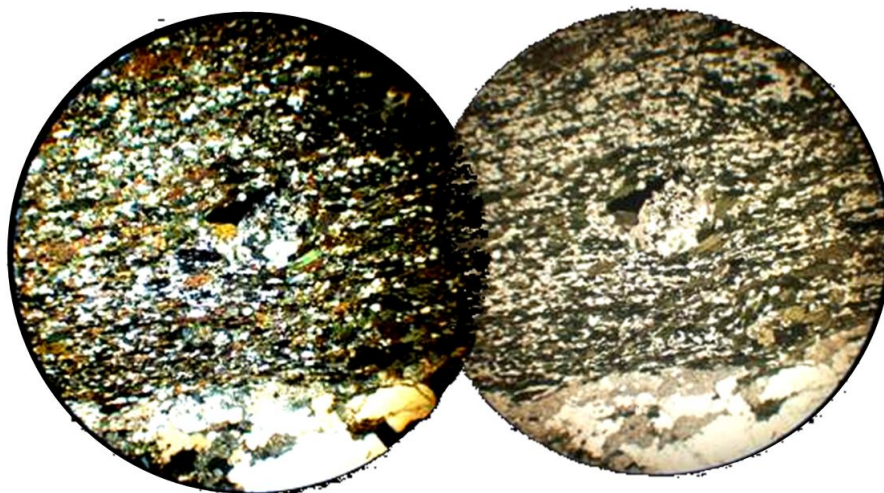
Foto 3.37 Microfotografía de roca máfica emplazada entre esquistos, su textura es nematogranoblástica, el mineral principal es hornablenda, plagioclasa en menor cantidad y cuarzo como accesorio.

La roca máfica a la cual corresponde la microfotografía anterior se describe como meta hornablendita ya que su textura y microestructura muestra deformación y flujo de cristaloblastos según direcciones que son paralelas a la esquistosidad regional que en éste caso es N 30° O con inclinación subvertical. La textura nematogranoblástica conformada por hornablenda, plagioclasa, cuarzo accesorio y como secundarios cloritas, sericita, epidota y calcita. Adyacentes a este cuerpo máfico se observan esquistos y rocas con bandeamiento delgados, vetas de cuarzo, algunas concentraciones pegmatíticas y presencia de muscovitas con dimensiones hasta de 2 cm, en los esquistos.

En el contacto oriental del plutón de Balsas y el sector norte del pueblo de Balsas se tienen mayormente esquistos y gneises, en tanto que las filitas están ausentes o son poco evidentes. En este caso se tiene una esquistosidad gneísica o foliación metamórfica más desarrollada como en las muestras CMA – 52 y TBT – 71 (fotografía 3.38) donde se puede observar un bandeamiento irregular no bien definido y concentraciones lenticulares de minerales como el cuarzo. La roca presenta pliegues y estructuras de deformación que se observan fácilmente a escala mesoscópica y de afloramiento. Las texturas son granolepidoblásticas, granonematoblásticas, granoblástica inequigranular y en algunos casos granoporfidoblástica. La mineralogía es variada de acuerdo a la composición del protolito sin embargo, son más frecuentes las biotitas, anfíboles verdes, plagioclasas, piroxenos, además de cuarzo, muscovita, clorita, sericita, epidota, etc.

Se observa direcciones diferentes en el crecimiento de los cristaloblastos (TBT – 71).

Muestra CM - 56



Muestra TBT - 71

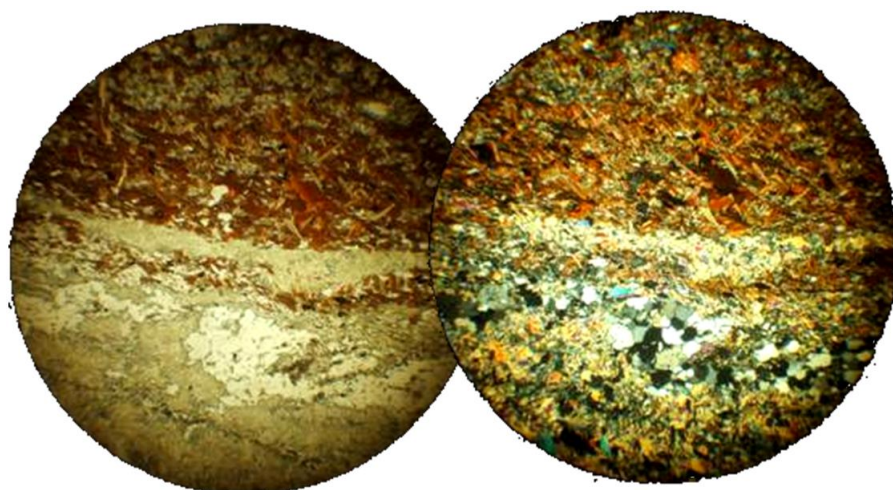


Foto 3.38 Microfotos de las muestras CMA – 52 y TBT – 71, corresponden a esquistos con bandas incipientes y agrupaciones de minerales granulares (cz, PGls) y minerales de hábito laminado

Las estructuras que se observan con mayor frecuencia en los gneises y esquistos son esquistosidad o bandeamiento gneísico, esquistosidad de crenulación a nivel mesoscópico y de afloramiento a veces combinados con foliación milonítica en las que se tienen texturas granoblásticas, granoblástica tectónica, granolepidoblástica.

Entre Lavador – Huanabamba y Balsas se encuentran mayormente gneises y esquistos que tienen bandeamiento y cuerpos lenticulares cuarzo feldespáticos; por ejemplo la foto 3.39 corresponde a un gneis bandeado (TBT – 19) con texturas granoblástica a granolepidoblástica tectónica definidas por la asociación de cuarzo, feldespato potásico destacando la microclina, plagioclasas, biotita, muscovita.

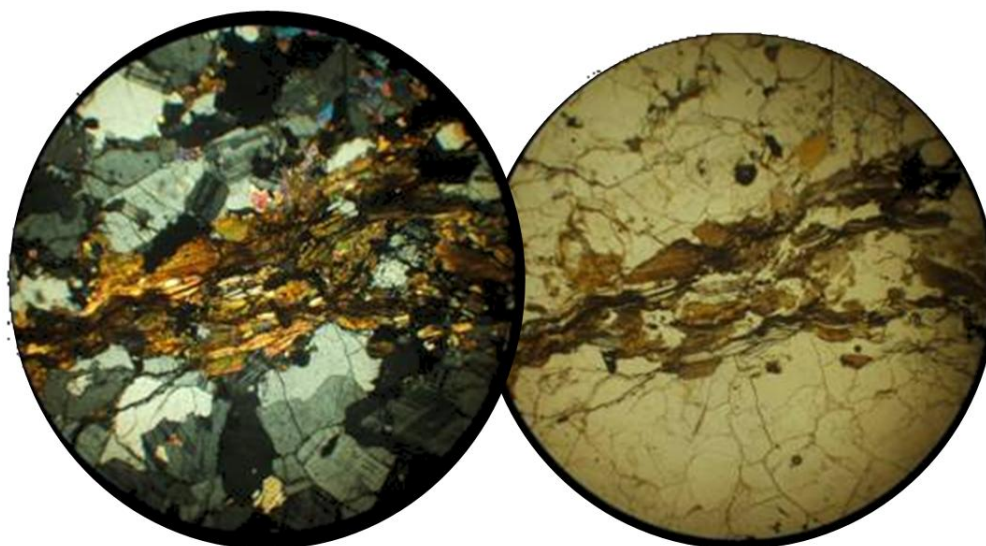


Foto 3.39 Microfotografía de gneis del camino Abra de Poña a Cerro Minas, cz y FPs en bandas grises a blancas

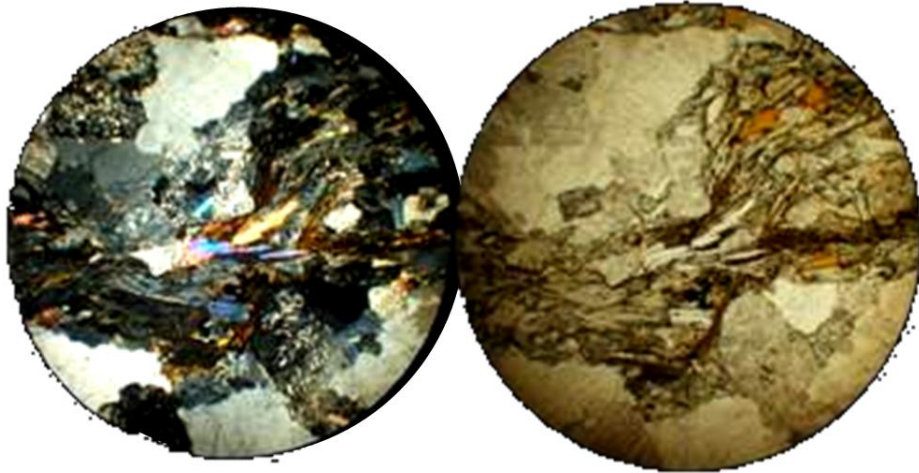


Foto 3.40 Microfoto de gneis de Huanabamba, micas biotita, muscovita, deformados

En el valle de Huanabamba se encuentran gneises similares a aquellos de Poña Lavador, aunque las plagioclasa y feldespatos en este caso están alterados a sericita y arcillas en tanto que las biotitas han sido reemplazadas por cloritas, lo cual podría considerarse como un proceso de metamorfismo retrogrado (foto 3.40).

Tiene textura granolepidoblásticas y la microestructura es una combinación de bandeamiento gneísico y esquistosidad milonítica, la composición mineral es similar a los gneises de Poña sólo que en este caso se observa algunos cristales pequeños de zircón. En este sector Sánchez A., (1995) ha descrito porfiroblastos de granates.

En la parte superior a la muestra anterior se encuentran gneis granítico de textura granoblástica y granolepidoblástica siendo sus minerales constituyentes: cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa con maclas de la periclina, biotita, apatito, opacos y sericita, arcillas, cloritas reemplazando a la biotita (foto 3.41).

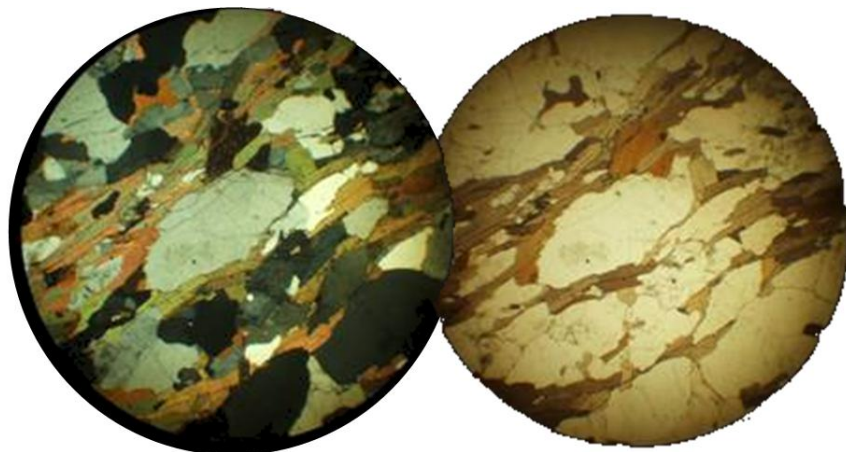


Foto 3.41 Microfoto de gneis granítico de Huanabamba, se observa textura granolepidoblástica milonítica en el estadio de inicio con extinción ondulante en el cuarzo y formación de lamelas

De acuerdo con las asociaciones de minerales encontrados, el metamorfismo de las rocas del Complejo del Marañón en esta parte correspondería a las facies esquistos verdes à anfibolita, con serie de facies de baja presión, que se encuentran en el nivel de la isógrada de granate en el sentido clásico referido a la aparición de mineral índice. No se ha reconocido ninguno de los tres polimorfos del sistema Al_2SiO_5 , por lo que no se puede precisar las condiciones de presión y temperatura. Las asociaciones minerales y la distribución de rocas metamórficas sugieren que el o los protolitos de las rocas del sector nororiental ha sido una secuencia sedimentaria clástica y posiblemente hacia el valle

del Marañón los protolitos fueron una secuencia volcánica sedimentaria y rocas graníticas.

3.2.1.2 Batolito Gollón – Callangate

La unidad Tonalita – Granodiorita Gollón es una roca fanerítica de grano medio, leucócrata a mesócrata que tiene 25 a 40 % de minerales máficos, su textura es primaria, holocristalina, inequigranular hipidiomórfica, típicamente es una textura granítica cuyos componentes principales son: plagioclasas, cuarzo, biotita y hornablenda en cantidad similar, feldespato potásico, como accesorios se tienen óxidos, opacos, apatito, zircón, y como minerales secundarios arcillas, sericita, clorita, muscovita y epidota.

Los componentes principales se encuentran en proporciones variables de manera que cuando se establece la composición modal y se plotean en el diagrama QAP de Streckeisen (1976) todas las rocas caen en el campo de los granitoides (20 a 60 % de cuarzo) y específicamente se clasifican mayormente como granodioritas a tonalitas (figura 3.18), no obstante pueden tenerse algunas muestras con tendencia hacia el campo de los monzogranitos. De acuerdo al contenido de minerales ferromagnesianos se pueden diferenciar las variedades oscura y clara, la primera es una tonalita con abundante biotita y hornablenda (35 a 40%) y la variedad clara es generalmente granodiorita con menos del 30 % de minerales máficos (foto 3.42).

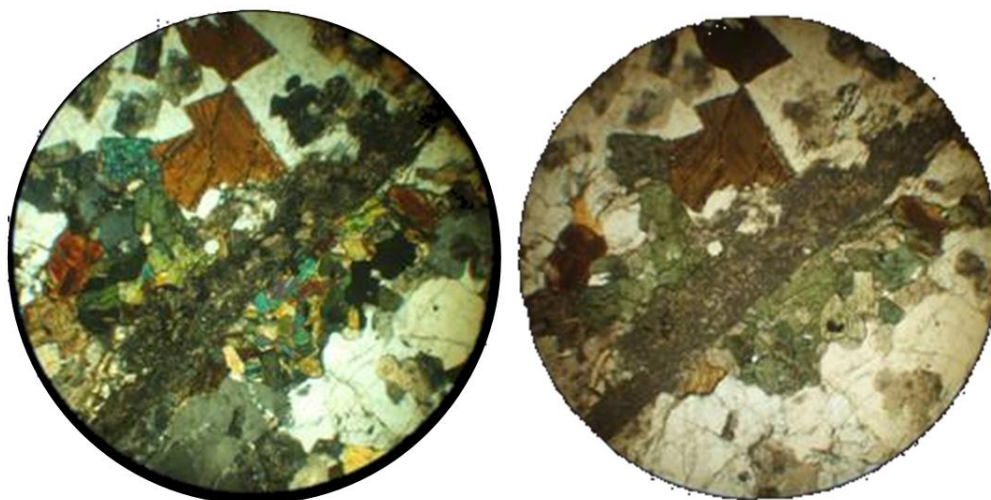


Foto 3.42 Microfoto de la muestra BT- 194 de la granodiorita Gollón del cerro Cumbrecilla, se observa venilla de feldspatos remplazado por minerales de arcilla, calcita. Otra microvenillas de cuarzo y feldespato, aproximadamente igual cantidad de biotita y anfíboles.

La Granodiorita Balsas es una roca fanerítica de grano medio a grueso leucocrata a mesócrata con máficos que varían entre 15 a 35 %, las texturas son graníticas primarias, holocristalinas, inequigranulares e hipidiomórficas, y sus componente minerales son comunes para este tipo de rocas; en orden de abundancia son: plagioclasas, cuarzo, feldespato potásico, biotita, hornablenda, como minerales principales; luego como minerales accesorios se tiene zircón, apatito, opacos, y los secundarios frecuentes son sericita, arcillas, cloritas. Una ilustración de esta unidad es la sección delgada de la muestra TBT – 25 (foto 3.42) tomada en la margen derecha del río Huanabamba, se observa un contacto suturado o dentado entre biotita y cuarzo relacionado a la deformación por flujo plástico intracrystalino que ha dado lugar a cierta foliación en este cuerpo plutónico.

En el diagrama de clasificación modal las rocas de la unidad Balsas caen en el rango de granitoides con más del 20 % de cuarzo y mayormente en el campo de la granodiorita (figura 3.18), algunas veces pueden clasificarse como tonalita y rara vez como monzogranito. Las variaciones composicionales en cierto modo tienen relación con la proximidad o lejanía a los cuerpos intrusivos que se han emplazado dentro de la granodiorita Balsas, que han aportado mayor contenido de feldespato potásico.

Los xenolitos que se encuentran en esta unidad son mesocratas con mayor contenido de máficos y menor contenido de cuarzo (foto 3.44), corresponden a diorita (TBT – 68) y microdioritas

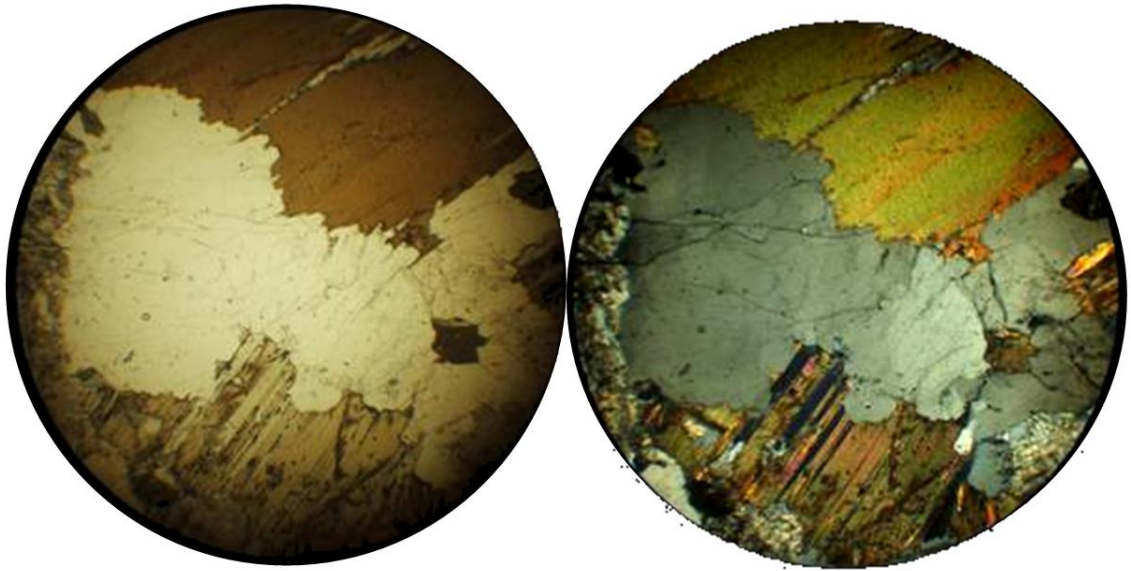


Foto 3.43 Microfotografía de granodiorita Balsas, notar contacto dentado entre . biotita y cuarzo, cristal inferior de biotita remplazado parcialmente por clorita

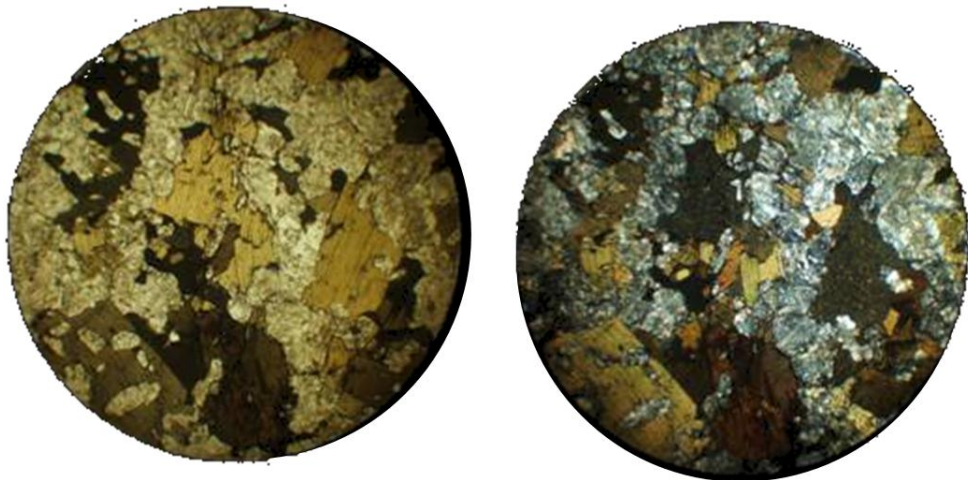


Foto 3.44 Microfotografía de xenolito en el plutón de Balsas, carretera Celendín Balsas, cuarzo en menos del 5%, plagioclasas muy alteradas, máficos son biotitas.

Granodiorita Lavador es un cuerpo plutónico cuya estructura y textura es granítica primaria, inequigranular hipidiomórfica su contenido de minerales máficos es menor que 35 % por tanto es mesocrata y leucocrata. En su composición mineral destaca la presencia de hornablenda (foto 3.45) con maclas polisintética y Carsbald; según el orden de abundancia se tiene plagioclasas algunos cristales con zoneamiento, cuarzo, hornablenda, feldespato potasico, biotita, los accesorios son apatito y opacos, y los minerales secundarios o de alteración sericita, y muscovita, arcillas, cloritas, óxidos.

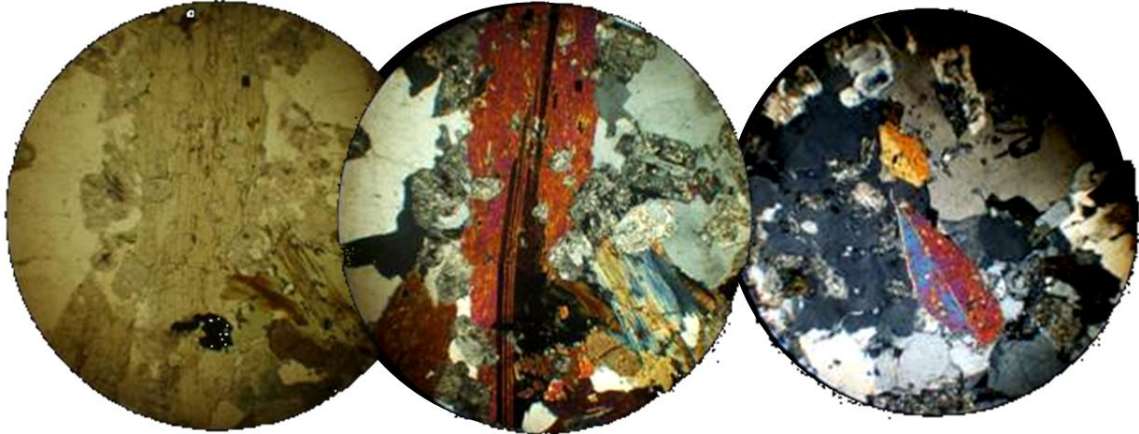


Foto 3.45 Microfotografías de la granodiorita- tonalita Lavador, destaca la presencia de hornablenda euهدral, y plagioclasas con alteración y deformación leve.

Las secciones delgadas corresponden a las muestras TBT – 17 y TBT – 22. Cuando se hace la clasificación modal de esta unidad (figura 3.18) todas las muestras caen mayormente en el campo de la granodiorita y algunas se clasifican como tonalitas. La característica de esta unidad es entonces la presencia de cristales euهدrales y generalmente aislados de hornablenda.

La Granodiorita Los Alisos es fanerítica de grano medio, leucócrata con un contenido de máficos menor de 30 %, es holocristalina, inequigranular, hipidiomórfica cuya textura típica de rocas graníticas destaca la presencia de plagioclasas, feldespato potásico, cuarzo, biotita más abundante que hornablenda, y como minerales accesorios apatito, zircón, y opacos algunos de ellos con formas cúbicas. Rasgos distintivos son la presencia de plagioclasas con zoneamiento y alteración (foto 3.46) que sigue los límites de maclas, máficos generalmente aislados, sin embargo se pueden advertir algunas agrupaciones de minerales micas de menor tamaño, y una variación en el tamaño de las micas que van de grano fino a medio.

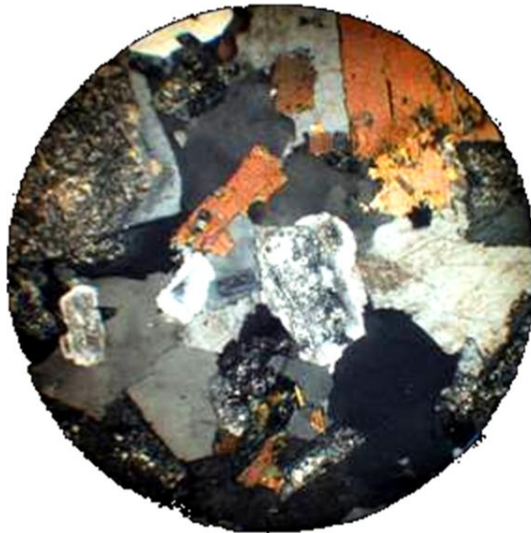


Foto 3.46 Microfotografía de la muestra BT -142 de la unidad Los Alisos (izquierda), las plagioclasas alteradas a sericitas y minerales de arcilla, feldespatos potásicos con manchas marrones.

La clasificación modal de muestras de esta unidad permite denominarlas como granodiorita a monzogranitos que suelen estar asociados con diques y cuerpos aplíticos en las partes centrales y más elevadas.

Monzogranito Abra Chanchillo es igualmente una roca con textura granítica en la cual se observa a simple vista la presencia de feldespato potásico distinguible por su coloración rosada a rojo carne,

es roca fanerítica de grano medio agrueso, según el contenido de ferromagnesianos es leucócrata generalmente con menos del 20 % de máficos; es holocristalina, inequigranular hipidiomórfica, y los minerales según su abundancia son: feldespato potásico, cuarzo, plagioclasa, biotita y hornablenda en cantidades similares (foto 3.47) muestra TBT – 67, los accesorios son mayormente opacos y los minerales secundarios son aquellos comunes para este tipo de rocas (sericita, arcillas, cloritas y óxidos). Se observa que las plagioclasas tienen macla de albita y periclina y son frecuentes las plagioclasas con zoneamiento; en tanto que los feldespatos presentan inclusiones de cuarzo y algunos crecimientos peritéticos; también los opacos están junto a los minerales máficos. En algunas muestras se observan relictos de rocas ígneas con mayor contenido de máficos.

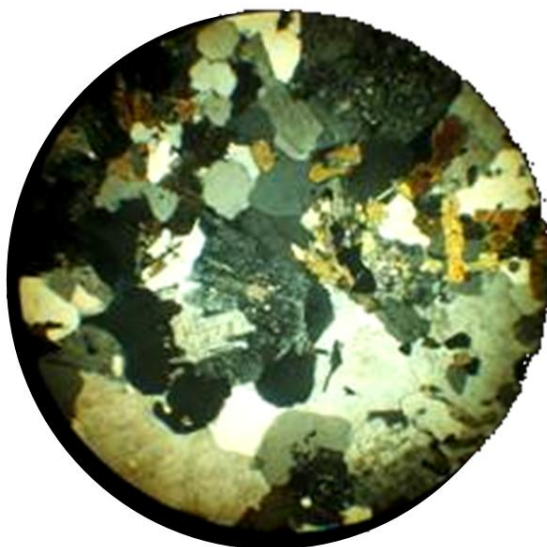


Foto 3.47 Microfotografía de la muestra TBT - 67 del monzogranito Abra Chanchillo, las plagioclasas tienen poca alteración y los máficos son hornablenda y biotita.

La composición de acuerdo al esquema QAP corresponde al campo de monzogranito y algunas muestras que tienden al campo de los sienogranitos por su alto contenido de feldespato potásico. La unidad Chanchillo texturalmente es similar a la unidad Gollón.

La unidad denominada Monzogranito Yalen es leucócrata con menos del 15 % de minerales máficos, su estructura isótropa maciza y textura propia de roca granítica, de grano medio a grueso. Su textura holocristalina, inequigranular, hipidiomórfica muestra como rasgos diferentes de las unidades anteriores, la presencia de intercrecimientos granofíricos de cuarzo y feldespato (foto 3.48 a) y con mayor frecuencia maclas de albita, carsbald y periclina en las plagioclasas (foto 3.48 b), muestras BT – 160 y BT 157, respectivamente. Además los minerales máficos presentan mayor alteración que en las granodioritas y tonalitas. Su composición mineralógica se caracteriza por cantidades aproximadamente similares de feldespato potásico, plagioclasas y cuarzo, en algunas muestras predomina el feldespato sobre la plagioclasa y el máfico más frecuente es biotita. Como minerales accesorios se ha identificado apatito, opacos, y los secundarios comunes que son cloritas reemplazando a biotitas, sericita y minerales de arcilla, también se encuentra epidota y calcita y algunos óxidos. En algunas muestras se observa remanente de hornablenda que ha sido reemplazada por biotita y clorita

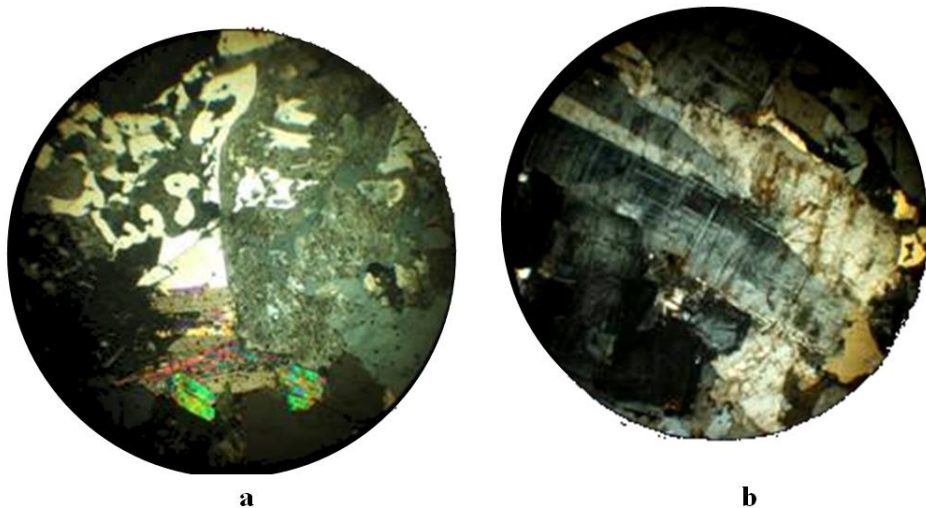


Foto 3.48 Microfotografías de dos muestras del Monzogranito Yalen, se observa intercrecimiento granofírico de cuarzo y feldespato K (a) y maclas de la periclina y Carlsbad en plagioclasas (b).

En el diagrama de clasificación modal las muestras de esta unidad se limitan al campo de los monzogranitos con asomo al campo de los sienogranitos y a veces al de las granodioritas

Otra unidad importante por sus dimensiones es el monzogranito – granodiorita Callangate cuya característica principal a nivel de afloramiento es la gran altitud a la que se encuentra, su estructura y texturas graníticas tienen cierta variación, son holo cristalinas, inequigranulares la mayoría de ellas son texturas primarias hipidiomórficas, sin embargo se encuentran texturas modificadas o de dos fases (foto 3.49 b), donde se combinan cristales de félsicos de mayor tamaño con una matriz intergranular. Algunas rocas tienen texturas porfíricas con fenos o cristales de minerales félsicos de mayor tamaño.

En el diagrama de clasificación modal las muestras de esta unidad se limitan al campo de los monzogranitos con asomo al campo de los sienogranitos y a veces al de las granodioritas Otra unidad importante por sus dimensiones es el monzogranito – granodiorita Callangate cuya característica principal a nivel de afloramiento es la gran altitud a la que se encuentra, su estructura y texturas graníticas tienen cierta variación, son holo cristalinas, inequigranulares la mayoría de ellas son texturas primarias hipidiomórficas, sin embargo se encuentran texturas modificadas o de dos fases (foto 3.49 b), donde se combinan cristales de félsicos de mayor tamaño con una matriz intergranular. Algunas rocas tienen texturas porfíricas con fenos o cristales de minerales félsicos de mayor tamaño.

La mineralogía de acuerdo a su abundancia consiste de: plagioclasa, feldespato K, cuarzo, máficos menos del 20 % predomina la biotita sobre hornablenda en una razón de 3/2. Los minerales accesorios son zircón, apatito, rutilo, opacos, y los secundarios sericita, arcillas, cloritas, epidota, óxidos, relacionados a una alteración moderada a intensa especialmente en las plagioclasas; particularmente las biotitas se alteran a clorita y epidota? (foto 3.49a) La texturas encontradas suelen presentar intercrecimiento granofírico no desarrollado, se tienen plagioclasas con zoneamiento, con macla de la periclina, algunas tienen cristales de cuarzo más pequeños en sus bordes.

Las muestras de esta unidad en el diagrama QAP (figura 3.19) se ubican en su mayoría en el campo de monzogranito y eventualmente en la granodiorita; sus variaciones texturales y cristalización responden al nivel de emplazamiento dentro de la corteza y al grado de deformación, de manera que suele observarse cristales deformados y contactos suturados entre granos cristalinos.

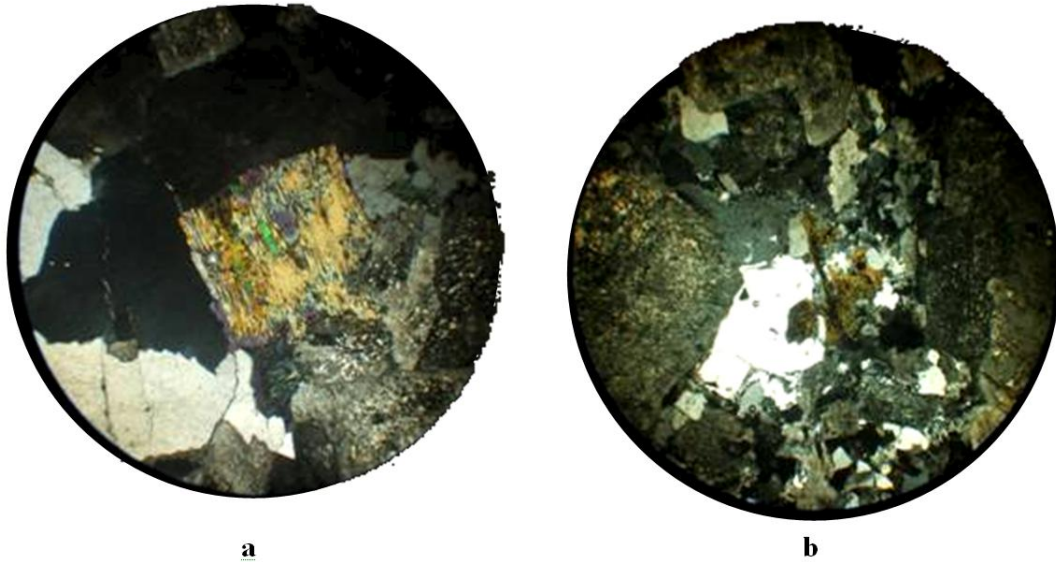


Foto 3.49 Muestras BT – 145 y BT – 148 del plutón de Callangate, en **a** se tiene textura holocristalina y en la parte central biotita con dos minerales de alteración y en **b** dos fases de cristalización, plagioclasas de mayor tamaño y matriz granular fina mayormente cuarzo y feldespatos.

El Monzogranito Enaben tiene textura granítica primaria similar a los otros monzogranitos y la relación de feldespato potásico, plagioclasa, cuarzo es similar aproximadamente 1:1 de un componente con respecto a otro; sin embargo la diferencia estriba en el contenido de máficos que se encuentra entre 20 a 30 % y en su hábito cristalino que se caracteriza por las formas mejor definidas. Las muestras de esta unidad caen en el campo de los monzogranitos con tendencia a granodiorita, sin embargo pueden encontrarse algunas concentraciones con mayor contenido de plagioclasas y máficos que se clasifican como tonalitas hasta cuarzomonzodioritas, cuyos límites son difusos o constituyen bloques incluidos dentro del Monzogranito.

La unidad Chacanto son cuerpos intrusivos de menor dimensión y diques rojizos que se han emplazado en relación de corte con las unidades anteriores, representa la unidad plutónica más reciente del Batolito Gollón – Callangate. Son rocas graníticas con menos del 10 % de minerales máficos esencialmente cuarzo feldespáticas de color rojo a rosado, de grano medio a fino. Sus texturas son inequigranulares hipidiomórficas (foto 3.50 a), con variantes del tipo intercrecimientos como son: texturas granofídica, micrográfica, micropertíticas (foto 3.50 b), poiquilítica, etc.

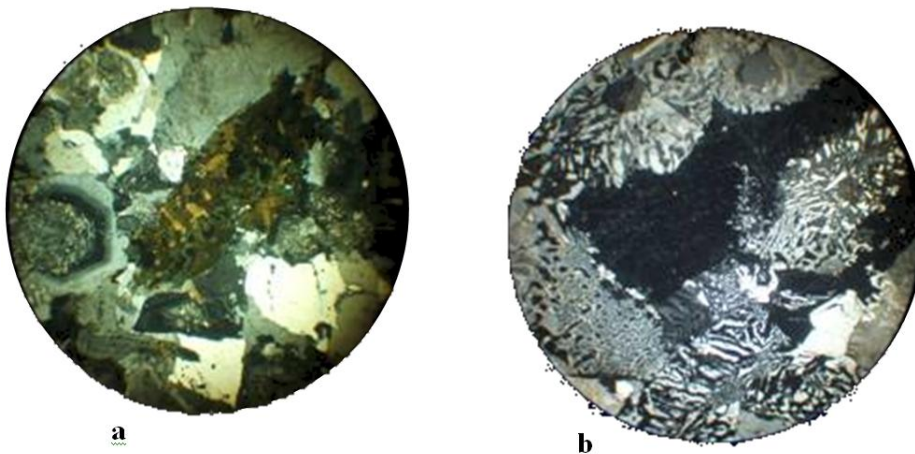


Foto 3.50 Microfotos de la unidad Chacanto, en **a** plagioclasa rodeada de feldespato potásico; máfico poiquilítico en monzogranito al NE de Chuñuen, en **b** textura de intercrecimiento en dique al norte Saumate.

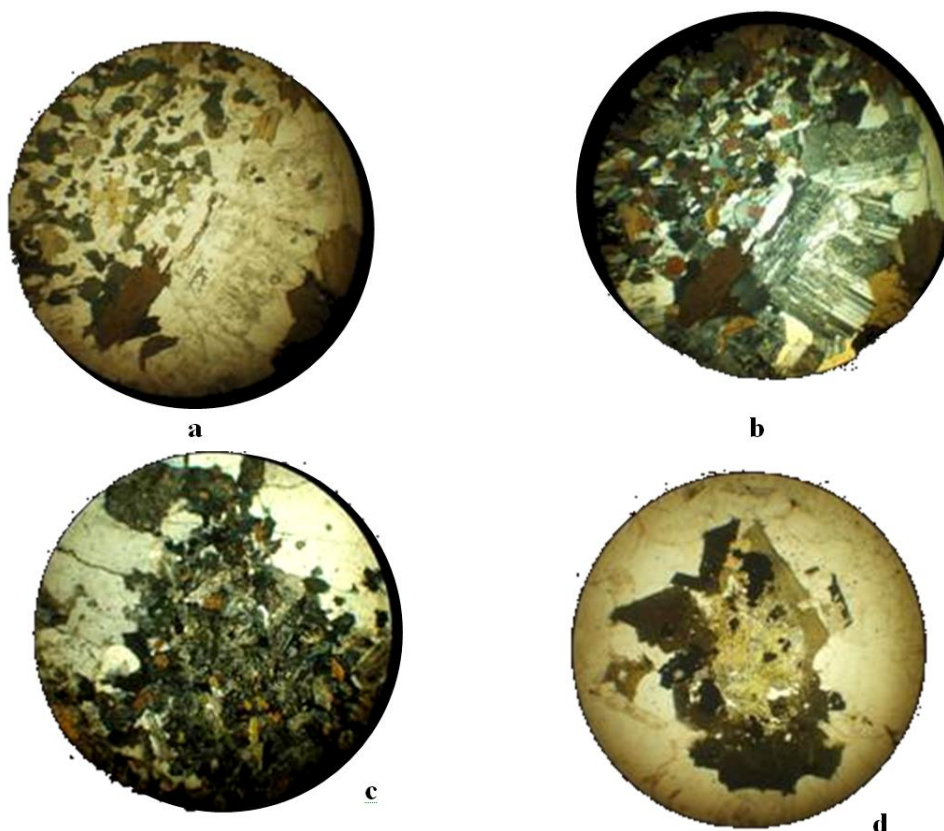
En esta unidad el mineral más abundante es el feldespato potásico que se encuentra en una relación de 3/1 a 3/2 con respecto a la plagioclasa que en su mayoría es tipo albita, en cambio con el cuarzo la relación es de 1/1 a 3/2, los minerales máficos constituyen menos del 10 % siendo la biotita el más común. Como minerales accesorios se encuentra apatito, zircón, moscovita, opacos, hornablenda en algunos casos los máficos son accesorios. Tal como puede observarse en la foto 3.49 los minerales secundarios son sericita, arcillas, clorita y opacos, además se observan microvenillas de calcita.

En diagrama QAP las muestras de esta unidad caen en el campo de sienogranitos y en algunos casos se clasifican como monzogranitos (figura 3.19)

Cuando se plotean las muestras en el cuadro de tendencias de asociaciones plutónicas de Lameyre & Bowden (1982) en Cobbing 2000, de acuerdo a la composición modal, se observa que las muestras caen en el campo de las tonalitas y granodiorita calco alcalinas y en el campo del monzogranito subalcalino (figura 3.20). Por cierto que la mineralogía descrita para las unidades del batolito Gollón – Callangate son características de las rocas calco alcalinas.

3.2.1.3 Xenolitos y Enclaves

Se han tomado muestras de xenolitos y enclaves de las unidades Balsas, Abra Chanchillo, Callangate y Enaben, para tener una idea de su petrografía, así los xenolitos que se encuentran en la granodiorita Balsas son dioritas de grano medio con biotita (foto 3.44) de grano medio con plagioclasas alteradas, los xenolitos más abundantes son microdioritas de grano muy fino, de textura inequigranular hipidiomórfica con plagioclasas (~ 50%), hornablenda, biotita y cuarzo menos de 10 % (foto 3.51 a y b) se observa además, que su contacto con el hospedador no tiene borde de enfriamiento y que los minerales están relativamente frescos.



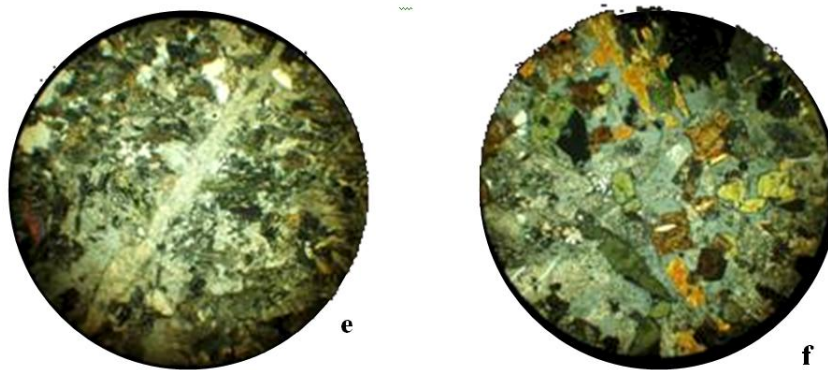


Foto 3.51 Algunos xenolitos y enclaves **a** y **b** contacto microdioritas con granodiorita en plutón Balsas, **c** enclave de microdiorita en plutón Callangate, **d** residuo de roca máfica con biotita en plutón Abra Chanchillo, **e** bloque de microdiorita en plutón Gollón, **f** cuarzomonzodiorita en plutón Enaben.

En el Monzogranito Callangate se encuentran enclaves o relictos de dioritas y microdioritas (foto 3.51 c) como concentraciones de plagioclasa y máficos y rodeados de cristales del hospedador, sin que haya algún borde de enfriamiento o contacto gradacional.

En el caso del enclave con biotitas y plagioclasas muy alteradas que se observa en el plutón Abra Chanchillo (foto 3.51 d), se puede suponer un proceso de recristalización del xenolito de modo que en los casos más avanzados se tendrían algunos espectros de xenolito dentro de la roca, que tienen composiciones diferentes al hospedador.

En el cerro Cumbrecilla sector sudoeste del plutón Gollón se encuentra un afloramiento de microdiorita (foto 3.51 e) de la muestra BT – 193, con 50 % de plagioclasas alteradas, hornablenda 20%, biotita 15 %, cuarzo menos de 10% y como accesorios opacos, minerales secundarios sericita, clorita, epidota en venillas. Esta roca es similar a los xenolitos que se encuentran en los otros plutones.

La foto 3.51 f, muestra un xenolito de composición cuarzomonzodiorítica dentro del monzogranito Enaben, se puede apreciar feldespatos y plagioclasas de mayor tamaño con biotitas algo alteradas y anfíboles de menor tamaño similares a aquellos de las microdioritas, cuarzo es menos del 10%. En este caso se puede deducir una mezcla de componentes de la microdiorita anterior con material del monzogranito, resultando una composición intermedia.

De acuerdo con las características de los xenolitos presentes en las rocas del Batolito Gollón – Callangate y la existencia de rocas dioríticas de grano medio a fino como bloques remanentes en los cerros Cumbrecilla, Los Alisos, al oeste y sudoeste de Yalen, etc., se deduce que estas rocas son las unidades más antiguas del batolito que han sido erosionadas y quedan actualmente como remanentes hacia los bordes de los cuerpos plutónicos mayores, o han sido asimiladas parcialmente por el magmatismo posterior?, o por efecto de la tectónica no están expuestos en superficie.

3.2.1.4 Rocas Volcánicas

La Formación Lavasen es la unidad volcánica y sedimentaria que constituye parte de las rocas de caja del Batolito y también parece ser su techo, si bien las relaciones no están muy claras, se observa la unidad superior de esta unidad precisamente en las partes más altas donde se encuentran rocas del Batolito.

La Formación Lavasen puede dividirse a grosso modo en dos miembros: el miembro o unidad inferior que consiste de rocas volcánicas verdes mayormente lavas tipo basalto andesita, lavas andesíticas, y lavas vesiculares amigdaloides con las cuales están asociados diques de diabasa y microdioritas. Por ejemplo en la quebrada Longote al este de Gollón se encuentran lavas verdes afáníticas de color gris

verdoso de textura microporfirítica a microfluidal con microfenocristales de plagioclasa y anfíboles (foto 3.52 a) en una matriz microcristalina, la roca se describe como basalto andesita. La foto 3.52 b corresponde a lavas vesiculares y amigdaloides que se encuentran en el Abra de Chanchillo, como roca caja de una estructura tipo veta de cuarzo con sulfuros de Cu, su textura es porfirítica, se observa anfíboles verdes en molde de cristal octogonal que posiblemente ha sido piroxeno, y agrupaciones de minerales microfotografía (3.52 b), fenos de plagioclasa y anfíboles en una matriz micro a criptocristalina (TBT – 76).

La muestra TBT – 78 (foto 3.52 c) es una lava vesicular con amígdalas rellenas por calcita y otros minerales con colores de interferencia grises posiblemente zeolitas. La matriz tiene una textura subofítica con cristales de olivino y piroxeno entre tablillas de plagioclasas.

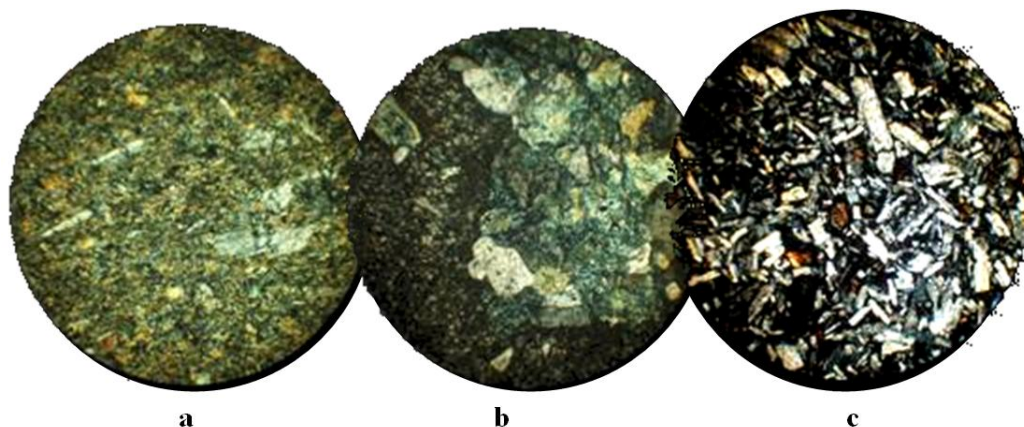


Foto 3.52 Microfotografías de la unidad inferior de la Formación Lavasen **a** basalto andesita de textura porfirítica microfluidal (TBT-61), **b** roca porfirítica, matriz micro a criptocristalina y agrupaciones de plagioclasas y anfíboles verdes a modo de amígdalas **c** textura subofítica con olivino y piroxeno con abundantes óxidos. Fotos en nicoles cruzados.

La unidad superior de la Formación Lavasen es mayormente porfirítica con fenos de plagioclasa y feldespato potásico, incluyen depósitos de lavas, brechas y piroclastos y secuencia sedimentarias.

Las texturas son variadas, así, se pueden tener texturas esferulíticas combinadas con cristales y matriz como la foto 3.53 a, en donde las fibras que conforman las esferulitas se han desarrollado alrededor de cristales euhedrales y subhedrales de cuarzo, están acompañadas de cristales de plagioclasas y feldespato, teniendo una masa más fina con cuarzo y sericita que resulta siendo la matriz, se observa además una orientación poco definida de las plagioclasas (BT – 162), la roca puede clasificarse como una riodacita.

En cambio la muestra BT – 168, tiene componentes de origen epiclástico y volcánico por lo que la textura puede considerarse como volcanoclástica caracterizada por fragmentos de cristales (cuarzo y plagioclasa) algunos máficos y fragmento líticos de origen volcánico y también fragmentos de pelitas y areniscas, contenidos en una matriz de tamaño micro a criptocristalino que puede incluir material sedimentario, corresponde a una secuencia volcanoclástica que se encuentra al SSO de Lavador como roca caja de la tonalita Lavador.

También se encuentran rocas porfiríticas con fenos de cuarzo, feldespatos, plagioclasas y algunos minerales máficos, en matriz felsítica, como en el caso de la foto 3.53 c que corresponde a una muestra tomada en el camino Yarnalen – Enaben.

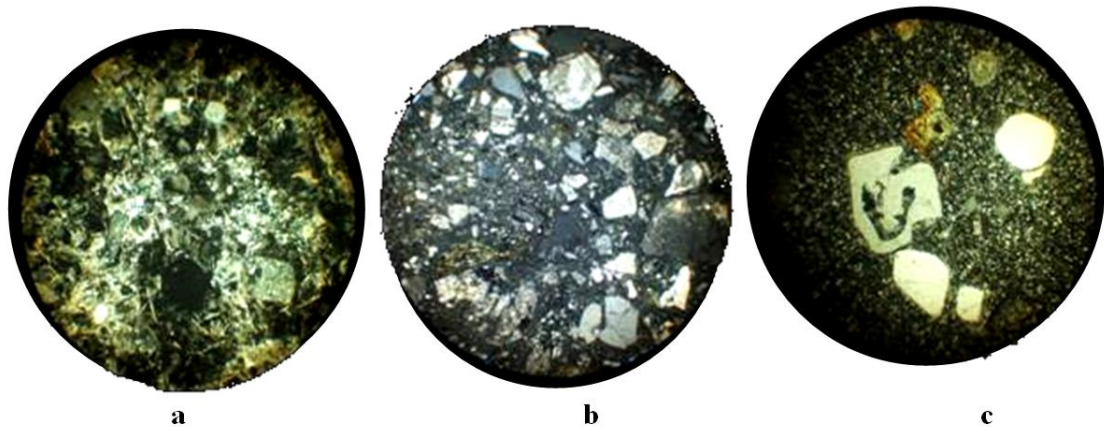


Foto 3.53 Microfotografías de muestras de la unidad superior de la Formación Lavasen **a** esferulitas alrededor de cuarzo euهدral, y cristales de plagioclasa y feldespato en matriz de cuarzo y sericita, **b** textura volcanoclástica con fragmentos de cristales (cuarzo y plagioclasas) con fragmento líticos de pelitas y areniscas, matriz m micro a criptocristalina, **c** textura porfirítica con fenos de cuarzo feldespato en una matriz felsítica, se observa coronas alrededor de cuarzo.

La secuencia superior de la Formación Lavasen incluye cuerpos subvolcánicos de textura porfirítica con fenos de plagioclasas feldespatos y cuarzo.

Un ejemplo de los diques que acompañan a las vetas mineralizadas en el área de Gollón es el dique de la veta Antonia (Foto 3.54) cuya textura es intergranular afieltrada donde existen microcristales de plagioclasa, , anfíboles y piroxenos? y algunos de cuarzo relleno los intersticios. La roca puede describirse como andesita basáltica.



Foto 3.54 Microfotografía del dique afanítico de color gris oscuro verdoso que acompaña a la veta Antonia al NNE de Gollón, se observan microcristales sin orientación preferente. Los anfíboles presentan frecuentemente maclas.

La alteración de las rocas del Batolito que constituyen las rocas de caja de las vetas de cuarzo con Au, tienen amplitud limitada. Se ha muestreado algunas rocas graníticas que conforman la caja de la veta que se encuentra en el sector sudoeste de Cerro Las Minas en el área de Lavador (TBT – 20B), a y b en la foto 3.55 corresponden a la alteración de la caja techo en un grosor de 10 cm, con un cambio en la coloración tanto en el techo como en el piso; se observa una alteración fuerte de las plagioclasas a sericita y cristales de mayor tamaño de muscovita, conservando aún la forma del cristal reemplazado, los feldespatos generan minerales de arcilla más oscuros, a diferencia del cuarzo que permanece inalterado.

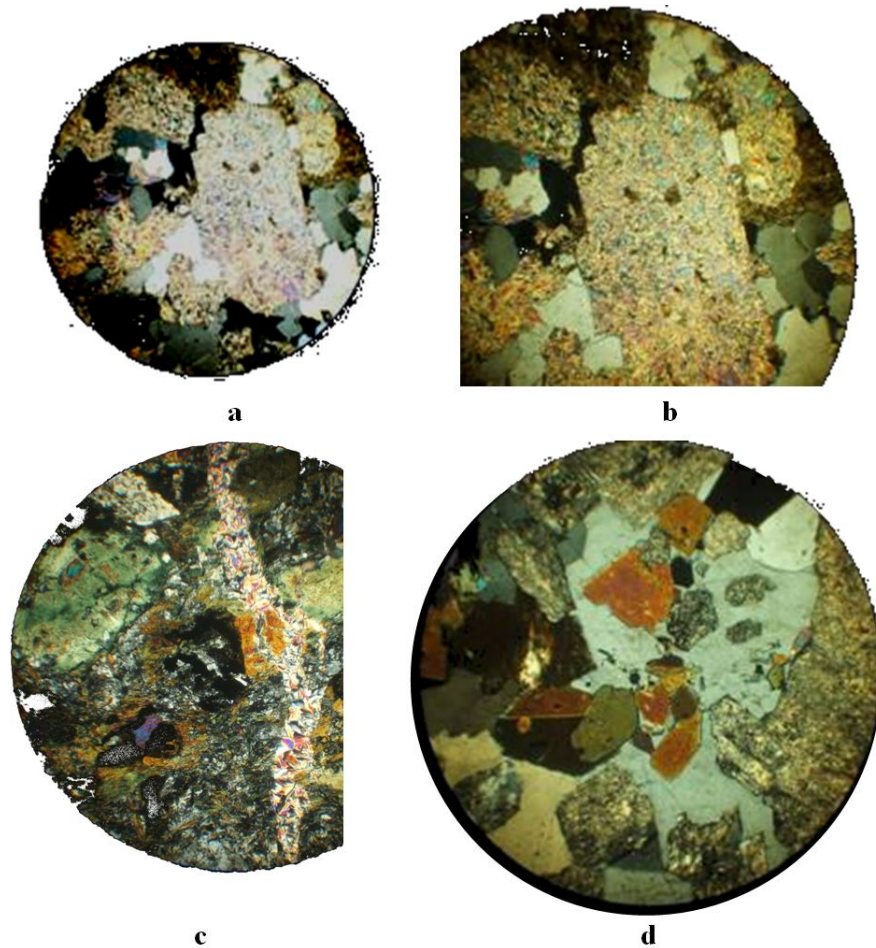


Foto 3.55 Microfotografías de algunos casos de alteración en rocas graníticas **a y b** muestran alteración de plagioclasas a sericita y moscovita y los feldespatos a arcillas en la caja techo de veta sector Cerro Minas. En **c** una venilla de pirofilita en una roca máfica deformada que es parte de las rocas cortadas por los cuerpos plutónicos **d** tonalita . en la veta Mónica, con alteración de las plagioclasas a sericita y arcillas.

En la foto 3.55 c se observa una microvenilla de pirofilita en una hornablendita verde algo deformada al este de la quebrada Longote (TBT – 59). Por su parte la tonalita – granodiorita Gollón en la veta Mónica presenta una alteración más discreta que la anterior a sericita y arcillas; en este caso los minerales máficos no muestran alteración, se observa hornablenda maclada.

En general la alteración similar a aquella de la muestra TBT – 20B, se restringe a algunos centímetros en las rocas graníticas que cambian su color a marrón rojizo e incluyen algunos cubos de pirita remplazados por hematita, luego se tiene cristales pequeños de moscovita en roca granítica con su color habitual. Los minerales máficos como la biotita y hornablenda no muestran mayor alteración (foto 3.55 d). Cuando se tienen inclusiones de roca caja dentro del cuerpo de la veta, se altera en diverso grado tomando coloraciones marrones rojizas.

3.2.1.5 Vetas o filones

Las estructuras tipo vetas, se encuentran a lo largo del área de estudio expuestas en superficie, tienen grosores de algunos centímetros a más de un metro, y siguen estructuras al parecer estructuras de deformación secundarias. Están conformadas por cuarzo blanco con algunos puntos, bandas o cuerpos lenticulares con oxidación. A nivel mesoscópico es difícil observar minerales de mena, a excepción de algunos puntos de pirita o calcopirita y ocasionalmente algún cristal de galena.

Se ha examinado tres muestras de veta en el área de Lavador:

En la muestra TBT – 04 se observa una textura de relleno con 3% de minerales de mena entre los que se distingue: galena relleno de microfracturas y cavidades en el cuarzo, tiene dimensiones hasta de 0.4 mm, esfalerita como inclusión en galena y en la ganga; ocasionalmente puede observarse trazas de pirita como inclusión en la ganga y como relicto en limonitas y trazas de calcopirita en oquedades de la ganga y como relicto en covelina que también se encuentra en trazas. Se observa carbonatos en microfracturas.

En el caso de la muestra TBT – 05 correspondiente a la misma estructura a 40 metros al NO, se observa mayor contenido de limonitas (15 %) y trazas de pirita y galena como inclusiones en la ganga, además se tiene impregnaciones de hematita. La muestra TBT – 08 tomada en ramificaciones en el extremo norte de tal estructura, aproximadamente 500 al noroeste de la muestra TBT – 04, contiene en su mayor parte limonitas, hematitas y al parecer pirolusita, polianita, todorokita y braunita? con textura peculiar (Anexo 5) substituida en buena proporción por hidróxidos de Mn. También se identifican carbonatos en mayor proporción que en las muestras anteriores.

Según lo observado en el área de Lavador, el orden de formación en los minerales de mena es: pirita, esfalerita, calcopirita, galena, covelita, limonitas y carbonatos. Por ello considerando en conjunto se puede hablar hasta de tres etapas de circulación de soluciones para precipitar los siguientes minerales:

- 1. cuarzo lechoso acompañado de pirita, esfalerita
- 2. galena, calcopirita, posiblemente con cuarzo muy fino y oro?
- 3. covelita limonitas, carbonatos, por procesos exógenos.

En la muestra TBT - 41 B que proviene de la veta Mónica del área de Gollón, el 96 % corresponde es material de ganga conformado esencialmente de cuarzo lechoso, existe pirita anhedral menor que 0.08 mm, diseminada en la ganga o como inclusiones, rodeada de hematitas y limonitas, se pueden advertir algunas trazas de calcopirita muy pequeña, anhedral; la hematita y limonitas rellenan formas anteriores de pirita y además se encuentran diseminados. Trazas de calcopirita, Se observan venillas muy finas de cuarzo criptocristalino? que se entrecruzan con el que se puede relacionar electrum y sulfuro de plata (proustita) en trazas.

Otra muestra del área de Gollón (TBT – 54) se ha tomado en la veta Fabela, donde puede observarse trazas de pirita como relicto en limonitas y hematita y trazas de rutilo en la ganga. Las limonitas coliformes constituyen el 7 % y se encuentran como impregnaciones y microfracturas al igual que la hematita (3 %).

En el caso de estas dos estructuras se puede advertir que la secuencia probable de formación es:

- 1. cuarzo lechoso, rutilo, pirita
- 2. venillas de cuarzo muy fino con calcopirita y posiblemente oro
- 3. formación de limonitas, hematitas

En el Complejo del Maraño existen algunas vetas de las que se extrae oro en pequeña escala, como es el caso de Horabuena y el Reo, ubicados en el sector noreste del Área de estudio. La muestra TBT – 80 A, ha sido tomada de una veta emplazada dentro de esquistos, pero que muestra cierto grado de deformación tipo cizalla, ya que se encuentran cuerpos lenticulares de cuarzo. En esta muestra se observa pirita (2-3 %) euhedral a anhedral diseminada en la ganga como inclusión o relicto en esfalerita (2-3 %) que a su vez esta diseminada en la ganga y como relicto en galena; se observa también calcopirita anhedral en los bordes de esfalerita junto a la galena, esta última se encuentra además diseminada en la ganga y relleno de microfracturas. También se reconoce la presencia de oro y plata nativa en trazas, como inclusiones en la ganga, en los bordes de pirita y en microfracturas; esta presente covelita en los borde de pirita y esfalerita, existe limonitas en fracturas y diseminada en la

ganga. La secuencia de formación según sus relaciones geométricas y las relaciones observadas en el campo es:

1. cuarzo lechoso, pirita, calcopirita I, esfalerita
2. cuarzo gris, galena, calcopirita II, plata nativa y oro nativo
3. covelita, limonitas

En el camino Tuen a Balsas, dentro del Complejo del Marañón se encuentran bandas de cuarzo paralelas con al foliación, de una de ellas se ha tomado la muestra TBT – 90, que corresponde a una estructura de 1.30 metros de grosor constituida por bandas sucesivas de cuarzo hasta de 8 cm de grosor. En esta muestra el 97 % es material de ganga, es decir cuarzo blanco, además se han notado trazas de calcopirita y galena anhedrales y muy pequeñas menos de 0.02 mm, como inclusión en la ganga; se observa limonitas y hematitas como pseudomorfos en un 3 %. La secuencia de formación es cuarzo blanco con calcopirita y galena y luego la alteración superficial que da lugar a las hematitas y limonitas.

Comparando todas las vetas de cz y Au se puede observar paragénesis similares, si bien no se ha observado oro y plata nativa en las vetas contenidas en rocas graníticas, lo cual no significa que no existan. Se ha diferenciado hasta tres tipos de cuarzo (ver cuadro de paragénesis), especialmente durante el estudio petrográfico de inclusiones fluídas, y se considera dentro de la paragénesis mineral asociada a la mineralización a la muscovita que se encuentra en las vetas y en los contactos adyacentes.

Cuadro de paragénesis mineral para las vetas de cz-Au en rocas graníticas

* presente en vetas en rocas metamórficas 100µm

Paragénesis	Etapas Inicial	Estadio I	Estadio II	Alteración supergena
Rutilo	-----			
Cuarzo lechoso I	-----			
Cuarzo gris II		-----	----	
Cuarzo III			-----	
Pirita		-----		
Esfalerita		-----		
Calcopirita		-----		
Galena			-----	
Sulfuro de plata (proustita)			-----	
Electrum			-----	
Covelita			-----	----
Pirolusita-polianita				-----
Hematitas-limonitas				-----
Hidróxidos de Mn				-----
Carbonatos				-----
muscovita		-----	-----	
Ag, Au nativo *			-----	

Definitivamente se requiere un muestreo sistemático en sentido longitudinal y vertical de las vetas para tener una idea más completa de las variaciones y características de las secuencia paragenética y las variaciones en concentración de componentes metálicos.

3.2.2 Análisis de Rocas y Estructuras Mineralizadas

Se han analizado por elementos mayores un total de 51 muestras de rocas del Batolito y volcánicos asociados, en los laboratorios de Química Analítica del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) mediante el método de Absorción Atómica.

Previamente, se toman 0.2 gramos de muestra en vaso de teflón con tapa hermética, la que es descompuesta con 0.5 ml de ácido nítrico y 1 ml de ácido clorhídrico en vaso abierto para disolver las sales, luego es evaporada para eliminar agua, se adiciona 0.5 ml de HCL y 0.5 ml de HNO₃, se lleva a la plancha para eliminar los gases nitrosos, luego se adiciona 3 ml de HF. Se cierra los vasos y se coloca a presión sobre una plancha a temperatura de 110°C durante 2 horas. Se apaga la plancha y se enfría por lo menos 4 horas. Posteriormente se trasvasa la muestra a una fiola de polipropileno de 250 ml, utilizando 15 ml de HCl concentrado + agua ultrapura. Se adiciona 25 ml de H₃BO₃ al 5 % caliente, se homogeniza con agua ultra pura, de esta solución se toman alícuotas para la determinación de cada elemento adicionándole supresores correspondientes.

Los diversos elementos son determinados por espectrofotometría de absorción atómica a diferentes longitudes adecuadas para cada elemento.

Los Laboratorios SGS del Perú S.A.C. han realizado el análisis por elementos mayores de 16 muestras de rocas del Batolito Gollón – Callangate mediante el método Fluorescencia de Rayos X en disco fundido de borato, en un laboratorio subcontratado (SGS Canada Inc.) Además han analizado las mismas muestras por 54 elementos traza usando fusión de peróxido de sodio, para ello se emplea 0.10 g de muestra, la cual es partida y molida. Luego es fundida usando peróxido de sodio y disuelta por HNO₃ diluido, durante este proceso de digestión la muestra es dividida en dos mitades que se destinan, una al ICP – MS y la otra al ICP - OES , que son los dos métodos de análisis; en el primero la solución de muestra es aspirada en el Espectrómetro de masas que produce un plasma a temperaturas superiores a los 5000 °C en el cual se introduce la muestra en forma de aerosol dentro del gas se vaporiza y atomiza, siendo medidos cuantitativamente de acuerdo a su masa. La otra mitad inyectada en el espectrómetro de emisión óptica, mide la luz emitida por los átomos dentro del plasma según la longitud de onda.

Se han coleccionado 29 muestras de estructuras mineralizadas distribuidas a lo largo del área estudiada desde Chalabamba en el sur hasta Santo Tomás en el noreste, de ellas: 6 muestras (TBT-79, TBT-80, TBT-82, TBT-90, TBT-92, TBT-93) corresponden a estructuras en el Complejo del Marañón, 8 muestras se han tomado en las vetas que se encuentran asociadas con la tonalita – granodiorita Lavador, donde existen algunos trabajos artesanales antiguos; 3 (TBT-29, TBT-32, TBT-34) muestras corresponden a vetas de cuarzo en rocas pelíticas y metavolcánicas del área de Chalabamba; 9 muestras son de estructuras vetiformes localizadas en la tonalita – granodiorita Gollón, 2 muestras (TBT-75, TBT-77) se han tomado de labores antiguas en el área de Chanchillo que corresponden a vetas emplazadas en rocas volcánicas de la Formación Lavasen y una muestra de las calizas Pucará (TBT – 35).

Considerando las características de las estructuras muestreadas se han hecho análisis químicos para detectar contenidos de Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Mo, Fe, Mn, Cd, Ni, Cr, Co, As, Hg, en orden de interés económico.

Para tal efecto las muestras han sido analizadas en los laboratorios de INGEMMET, en el caso del Au mediante la técnica de ensayo al fuego seguido por gravimetría en el caso de concentraciones mayores de 5 ppm, cuando la concentración es menor que aquel valor, luego del ensayo al fuego se aplica el método de absorción atómica.

En el caso de los elementos metálicos Ag, Cu, Pb, Zn, Mo, Fe, Mn, Cd, Ni, Cr, Co se hace primero un proceso de descomposición de la muestra por digestión ácida, se pesa la muestra en vaso de teflón luego se efectúa la disolución con ácidos fuertes para lograr solubilizar los elementos o

compuestos metálicos presentes, se emplea HClO_4 en el caso de la presencia de materia orgánica. Cuando se completa la digestión las muestras se calientan hasta eliminar el agua y el residuo se vuelve a disolver con HCL al 20 % en caliente. La solución ácida se aspira a una llama de aire/acetileno u otra según el elemento en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica, que mide la absorción de energía característica emitida por los átomos del elemento o elementos presentes en la llama, que esta en relación directa con la concentración del metal en la muestra aspirada, haciendo luego una comparación con una recta de calibrado del metal. As y Hg se analizan mediante procedimientos parecidos con variaciones en los reactivos y en el tiempo de tratamiento.

3.2.2.1 Estudio de Inclusiones Fluídas

Como se sabe las inclusiones fluidas (IF) son pequeñas cantidades de fluidos atrapadas en cristales en el momento de su crecimiento, o introducidos a lo largo de microfracturas y clivajes después de la cristalización del mineral que las contiene. Se supone que las inclusiones fluidas han conservado las propiedades químicas y físicas de las soluciones originales, y se le considera como muestras directas de las fases volátiles en relación al fenómeno geológico que las genera, en este caso la formación de las vetas de cuarzo con mineralización de Au.

El estudio de las IF esta dirigido a establecer las asociaciones o grupos de IF así como a determinar las temperaturas de fusión y homogenización de las IF, estimar el contenido de sales en la inclusión y la temperatura de formación del mineral que alberga las IF, examinando las primarias y pseudosecundarias.

Procedimiento

Para visualizar las inclusiones bajo el microscopio se pulen ambas caras de la lámina de muestra hasta alcanzar un grosor de 100 micrones. Las IF generalmente se observan con 100 X, pero a mayores aumentos se tiene mejor resolución. Una vez ubicadas se marca las áreas donde se encuentran inclusiones adecuadas para estudios microtermométricos. Para el estudio microtermométrico se emplean trozos pequeños de muestra. Las temperaturas de fusión del hielo y homogenización se realizaron con una platina de calentamiento/enfriamiento modelo Reynolds ($-190^{\circ}/600^{\circ}\text{C}$).

En total han sido analizadas 12 muestras de cuarzo provenientes de diferentes estructuras, en el laboratorio de IF del INGEMMET a cargo del geólogo J. A. Yparraguirre. Paralelamente se han analizado las muestras con el PIMA para establecer los minerales de alteración que acompañan a las vetas.

Tres muestras del área de Lavador que corresponden a filones de cuarzo con impregnaciones y venillas rellenas con óxidos de fierro y minerales arcillosos, sus texturas son de relleno de fisuras y algo de reemplazamiento. Los minerales de alteración según PIMA son:

- muestra TBT – 04: anhidrita, sericita, illita, carbonatos
- muestra TBT – 15 A: montmorillonita, anhidrita, illita, phengita
- muestra TBT - 20 C: anhidrita?, cuarzo tardío

Se observan hasta tres tipos de cuarzo (TBT-04), el cuarzo 1 micro a criptocristalino (**A** en Lámina I, Anexo 6) a veces con minerales arcillosos y diseminaciones de pirita, el cuarzo 2 de ganga filoniana con cristales de buen tamaño reemplazando y cementando vetillas en el cuarzo 1. el cuarzo 3 asociado con galena, esfalerita, pirita, reemplaza al cuarzo 2 (**B** en Lámina I). En las tres muestras el filón de cuarzo inicial es cruzado por microfracturas rellenas de agregados microcristalinos tardíos con cuarzo y óxidos. Las inclusiones fluidas se encuentran en el cuarzo 1, en el cuarzo 2 y en venillas del cuarzo tardío.

En la veta de cuarzo emplazada en pelitas pizarrosas del Paleozoico inferior, del área de Yunguilla se observa textura de relleno hidrotermal (TBT – 30) donde el cuarzo blanco esta cortado por venillas

de pirita, limonitas, algunas muscovitas y cuarzo tardío, se distingue dos tipos de cuarzo, uno de grano medio zonado con disseminaciones de sulfuros, que tiene microfracturas con agregados de cuarzo tardío, de grano fino y óxidos de hierro. Según el PIMA existe anhidrita, montmorillonita y clorita como productos de alteración.

En el sector de Gollón se han estudiado 2 muestras de filones de cuarzo colectados de las vetas Mónica (TBT – 41 A), Melba (TBT – 50), una muestra de roca hidrotermalizada en la estructura Fabela (TBT – 54) y una muestra (TBT – 57 B) de una veta de cuarzo en roca granítica de la veta Antonia.

Las vetas o filones están constituidos de cuarzo y algunos sulfuros, con minerales arcillosos y óxidos rellenando microfisuras y oquedades, la textura corresponde a relleno y en algunos casos a remplazamiento.

Se reconocen dos tipos de cuarzo, el más antiguo es de grano medio, con zonación y cristales prismáticos de gran tamaño, mientras que el cuarzo tardío es un agregado microcristalino de cuarzo y filosilicatos, los que en conjunto remplazan parcialmente dejando relictos de cuarzo euhedral, este presenta zonas con inclusiones fluidas apropiadas. Los minerales de alteración identificados son: anhidrita, montmorillonita, adularia, illita, sericita, halloysita y carbonatos. Las IF se han tomado en los cuarzo 1

La muestra de la veta Fabela es una roca granular alterada constituida por granos de cuarzo, muscovita, con relictos de plagioclasa la que esta atravesada por fisuras rellenas de cuarzo, minerales arcillosos y pirita; se reconocen dos tipos de cuarzo, el primario o cuarzo de roca que tiene IF atrapadas en microfisuras, y el cuarzo microcristalino posterior asociado con filosilicatos y la mineralización, conserva relictos del cuarzo primario corroído. La alteración argílica contiene illita, phengita, cuarzo, muscovita, montmorillonita.

En contraposición a la muestra anterior la muestra TBT – 57 B corresponde a una tonalita de grano medio cortada por una vetilla de cuarzo intercrecido, en la que se pueden diferenciar dos tipos de cuarzo el formador de roca de grano medio y un cuarzo de grano medio que se encuentra en vetillas con algunos sulfuros. Se identifica halloysita, illita y nontronita como alteración hidrotermal. Se ha utilizado las IF secundarias en el cuarzo de roca.

En Horabuena y el Reo se han tomado muestras de cuarzo, en estructuras de las que se ha extraído oro en el pasado y que están emplazadas en rocas metamórficas, aproximadamente concordantes con la foliación. La textura corresponde a relleno hidrotermal y remplazamiento parcial. En el caso de Horabuena (TBT – 79 A) se trata de una roca intensamente alterada con vetillas de cuarzo y sulfuros, en la que se pueden identificar dos tipos de cuarzo, el más antiguo (cuarzo 1) es prismático e idiomorfo, mientras que el cuarzo tardío son agregados microcristalinos de cuarzo, filosilicatos, pirita y limonitas, que rellenan microfracturas en el cuarzo 1. Empleando el PIMA se identifica Anhidrita, halloysita y sericita. Las IF favorables se encuentran en el cuarzo I.

La muestra de El Reo corresponde a un filón relleno de bandas y vetillas de cuarzo con minerales de arcilla, muscovita y carbonatos. Parte de la veta corresponde a cuarzo euhedral de grano medio que tiene zonación con una textura tipo escobillón que presenta abundantes microfisuras rellenas de cuarzo con sulfuros, que representan varias etapas de deformación y mineralización. No se encuentran IF adecuadas para ser medidas.

En el camino Santo Tomás – Pircapampa en la parte alta de la Cordillera Oriental se tomó la muestra TBT – 82 A de una veta emplazada en el esquisto del Complejo del Marañón, que consiste de cuarzo de relleno hidrotermal que es cortado por fisuras con agregados de cuarzo y minerales arcillosos, estas dos generaciones de cuarzo corresponden a las rasgos descritos anteriormente, es decir el cuarzo 1 es idiomorfo con zonación de grano medio y presenta abundantes IF primarias y secundarias monofásicas ricas en líquido con dimensiones de 1.5 μ , el cuarzo tardío es mas fino y

rellena microfisuras en el cuarzo 2. Se identifica anhidrita y halloysita como productos secundarios.

Por otra parte la muestra TBT – 93 A tomada en el río Marañon al norte de Balsas corresponde a una roca brechoide constituida por fragmentos de cuarzo y fragmentos de roca metamórfica silicificada, con cuarzo microcristalino y minerales arcillosos en microfracturas y cavidades. Se puede diferenciar cuarzo idiomorfo como relleno hidrotermal, de grano medio emplazado en vetillas dentro de la roca metamórfica, y agregados micro a criptocristalinos de cuarzo y filosilicatos. La IF más adecuadas se encuentran en el cuarzo idiomorfo.

En la tabla 3.1 se resumen los resultados obtenidos acerca de las IF, las temperaturas de homogenización corresponden a los valores extremos y la media, al igual que el porcentaje de CINA; de acuerdo al número de mediciones hechas se obtienen en total 6 grupos de temperaturas : 160° - 180°, 200° - 220°, 235° - 260°, 305° - 330°, 345° - 380°, > 540°. Entre ellos se nota que:

- Lavador tiene temperaturas entre de 160°, 180° y 202
- Gollón temperaturas de 185°, 250°, 305°, 330°
- Roca granítica alterada en Gollón 212°, 257°, 370°, >540°
- Horabuena en metamórficos 350°, 378°
- Cuarzo en el Complejo 175°, 235°, 325° y 345°
- Las vetas en pizarras 280°, 330°

El rango de temperaturas de homogenización es amplio, siendo improbable que correspondan a eventos hidrotermales sucesivos, es posible que las variaciones en las condiciones de la presión en el sistema junto con la composición y densidad del fluido hayan intervenido condicionando las diversas temperaturas de enfriamiento, permitiendo asimismo, el mayor desarrollo de la inclusión en los casos de presiones bajas

El valor estimado de CINA es variable aún entre las mismas unidades, así las muestras de vetas en Lavador tienen CINA de 6 a 28%, en Gollón de 2 a 26 %, las vetas en metamórficos 4 a 21.5 % y en las pelitas pizarrosas 4. 1 %. Se considera estos valores como transiciones de fase consistentes con una fracción de masa de CINA en fase acuosa, más su composición real no se ha establecido.

Nº Muestra	Unidad Litológica	Minerales de alteración	Tipos de cuarzo	Tipo de IF	Tº homogenización	%de CINA
TBT - 04	Tonalita Lavador	anh, ser, ill CBs	cz 1, 2, 3	Primarias L + V, Secundarias L + V, L	157 °C 211.5 °C 191.42 °C	20.6
TBT - 15A	Tonalita Lavador	mmt, anh, ill	cz 1, 2	Primarias L + V	157.5 °C 207.5 °C 189.9 °C	5.9
TBT - 20C	Tonalita Lavador	anh, cz	cz 1, 2	Primarias L + V, Secundarias L + V	168.5 °C 195.5 °C 179.9 °C	28.2
TBT - 30	Pizarra	anh, mmt, Ccs	cz 1, 2	Secundarias L + V, Primarias L + V, L	279.3 °C 336.3 °C 311.7 °C	4.1
TBT - 41A	Tonalita Gollón	anh, mmt, ad, ill	cz 1, 2	Primarias L + V, L, V	185 °C 365 °C 243.9 °C	11.4
TBT - 50	Tonalita Gollón	anh, hlo, mmt, ill, ser, CBs	cz 1, 2	Primarias	230 °C 350 °C 276.6 °C	2.3
TBT - 54	R. hidrotermalizada	ill, cz, mus, mmt	cz 1, 2	Primarias, Secundarias	212.5 °C 387.5 °C 272.7 °C	11.0
TBT - 57B	Tonalita	hlo, ill, nont	cz 1, 2	Secundarias L, V	211.5 °C 539.5 °C 311.6 °C	26.3
TBT - 79A	Esquisto	anh, hlo, ser	cz 1, 2	Primarias	347.5 °C 382.5 °C 365.5 °C	6.4
TBT - 80B	Esquisto	anh, cz	cz 1	¿ ?		
TBT - 82A	Esquisto	anh, hlo	cz 1, 2	Primarias	145 °C 355 °C 220.6 °C	21.5
TBT - 93A	Gneis	mus, hlo	cz 1, 2	Primarias L + V, L, V	217.5 °C 342.5 °C 301.1 °C	4.1

Tabla 3.1 Resumen de Estudio de Inclusiones Fluidas en vetas de cuarzo asociadas al batolito Gollón – Callangate y al Complejo metamórfico del Marañon. En el caso de temperaturas, a la izquierda se tiene valor mínimo a la derecha valor máximo y en la parte inferior la media entre todas las mediciones hechas.

3.3 Resultados

A partir de los estudios petrográficos y los resultados de análisis de elementos mayores y trazas de las rocas se ha elaborado diagramas binarios y ternarios que permiten clasificar las rocas, visualizar mejor las relaciones según la composición química, de las diversas unidades del Batolito, y de algunas rocas volcánicas asociadas, para ello se ha hecho uso de los conceptos, diagramas y procedimientos que son presentados por Rollinson H. R. (1993). Para el proceso de tratamiento mediante ordenador de los datos geoquímicos se ha empleado el programa Igpert 2000, y el Corel Draw Graphics. Las tablas con resultados de los análisis detallados de rocas se incluyen en los Anexo 1 a 4.

3.3.1 Composición modal

En el caso de las rocas del Batolito, se ha establecido la clasificación litológica empírica de las rocas graníticas (figuras 3.18, 3.20 y 3.22), considerando su composición modal y empleando el diagrama triangular QAP de Streckeisen (1976) según el cual las unidades del Batolito Gollón – Callangate se clasifican así:

- Unidades Gollón, Balsas y Lavador → granodioritas a tonalitas
- Unidad Los Alisos → granodioritas a monzogranitos
- Unidad Callangate → monzogranito a granodiorita
- Unidades Yalen y Abra Chanchillo → monzogranitos a sienogranitos
- Unidad Enaben → monzogranito
- Unidad Chacanto → sienogranito a monzogranito

Por otra parte la composición modal permite establecer las principales tendencias de asociaciones de rocas plutónicas o linajes de rocas graníticas, según el esquema propuesto por Lameyre & Bowden (1982) en Cobbing J., (2000), que hace posible que se puedan separar las siguientes asociaciones (figuras 3.19, 3.21 y 3.23):

- Tonalíticas calcoalcalinas → unidades Gollón, Balsas y Lavador
- Granodioríticas calcoalcalinas → unidades Enaben, Abra Chanchillo, Callangate, Yalen
- Monzonítica subalcalina → unidades Callangate, Yalen, Abra Chanchillo, Chacanto
- Potásico alumínica → unidad Chacanto.

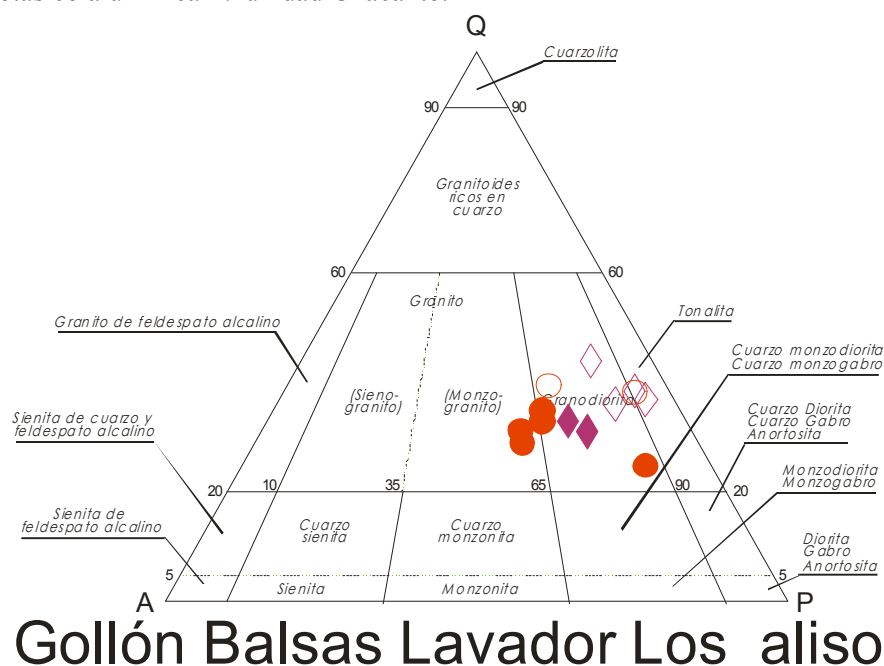


Figura 3.18 Clasificación modal de las unidades Gollón, Balsas, Lavador y Los Alisos se observa que algunas muestras de Los Alisos son monzogranitos (círculos llenos)

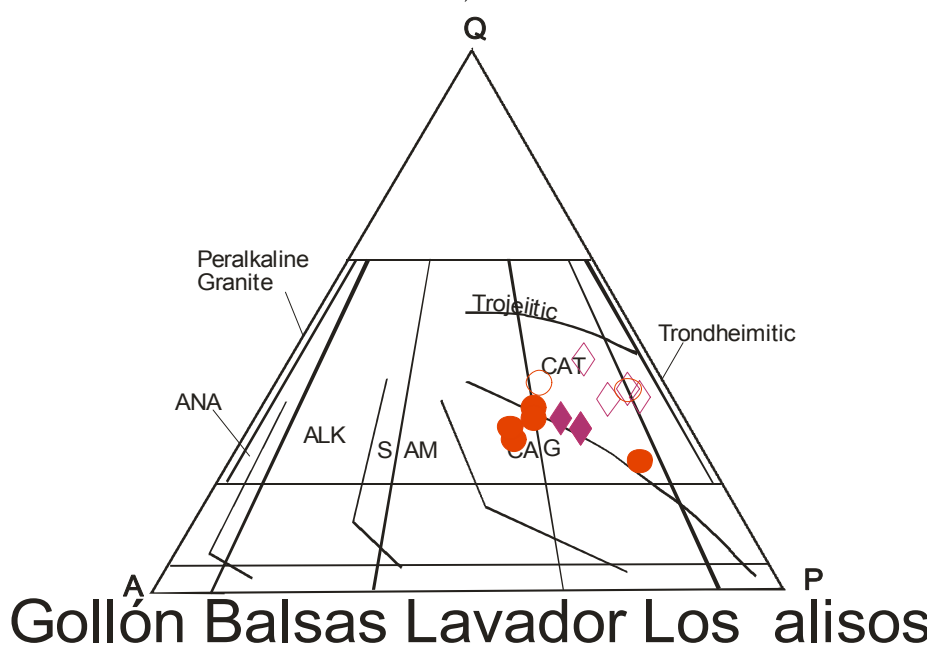


Figura 3.19 Asociación de rocas plutónicas o linajes de granitos, las unidades Gollón, Balsas, Lavador constituyen una asociación tonalítica calco alcalina, Los alisos es granodiorítica calco alcalina

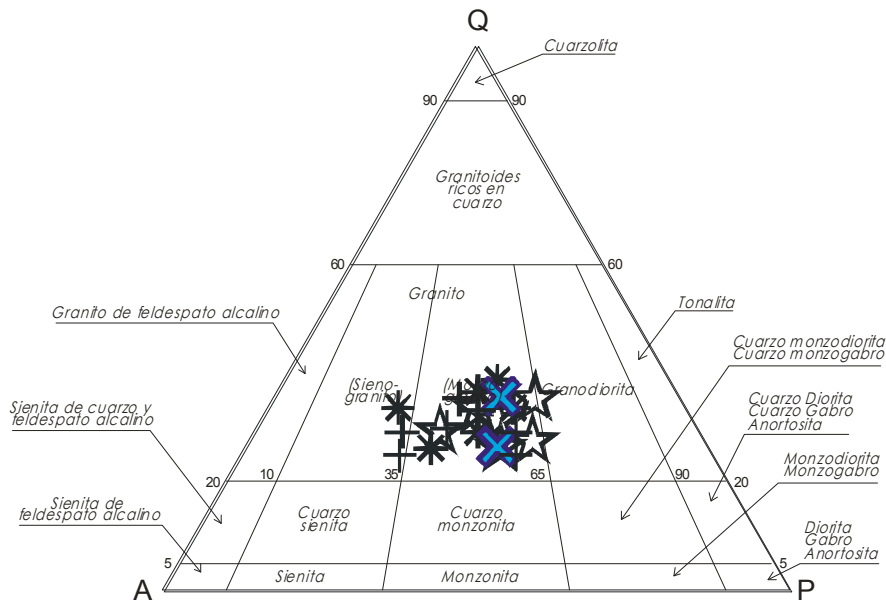
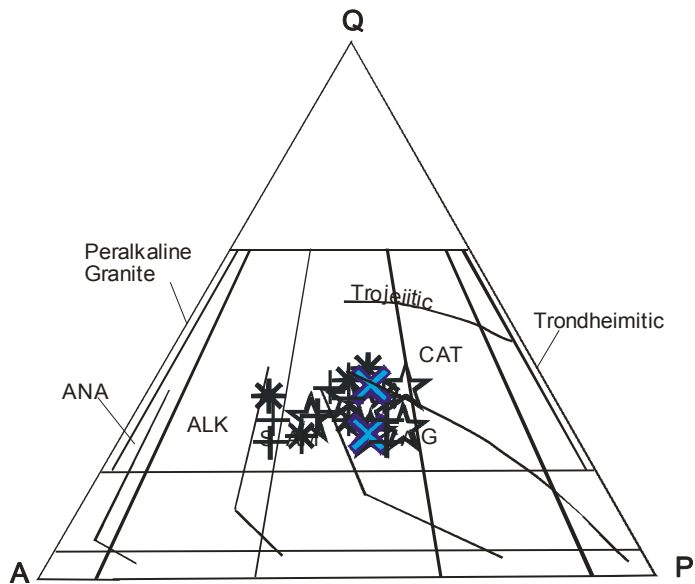
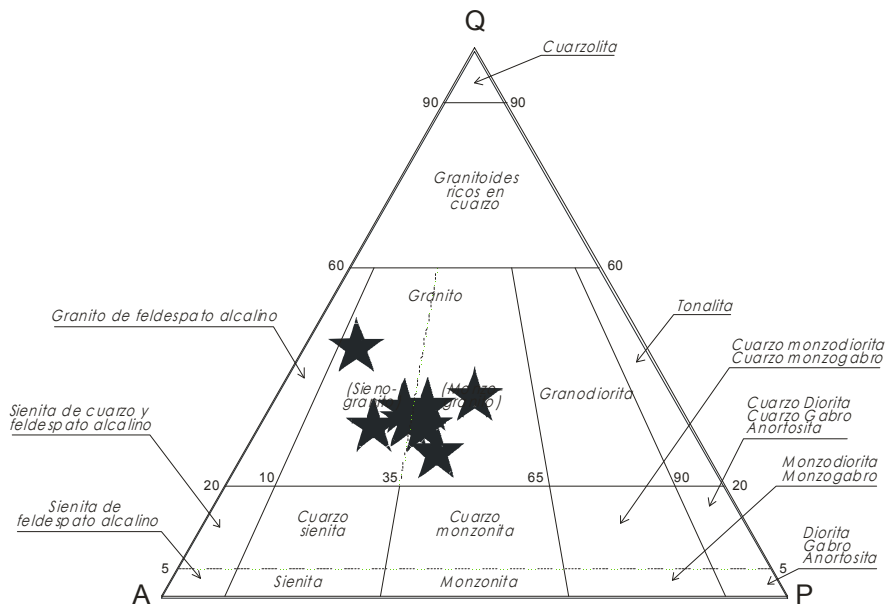


Figura 3.20 Según clasificación modal las unidades Yalen, Callangate, Abra Chanchillo y Enaben son esencialmente monzogranitos y los extremos pueden ser sienogranitos.



Yalen, Callangate, Abra Chanchillo, Enaben

Figura 3.21 En el diagrama de Lameyre y Bowden (1982), las unidades Yalen, Callangate, Abra Chanchillo, Enaben constituyen una asociación granodiorítica calco alcalina a monzonítica sub- alcalina.



Chacanto

Figura 3.22 Clasificación modal de la unidad Chacanto indica que se trata de monzogranitos y sienogranitos

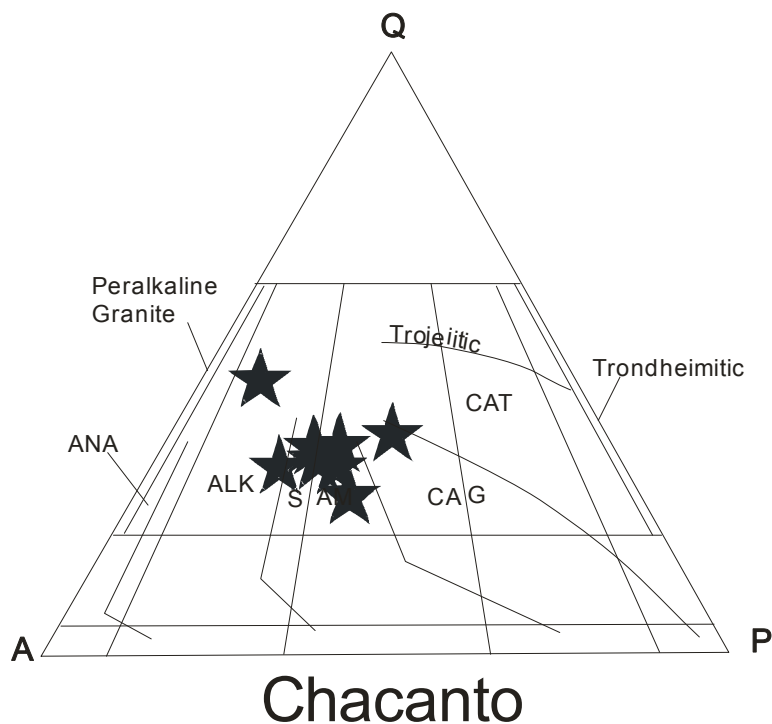


Figura 3.23 Las muestras de la unidad Chacanto pertenecen al linaje monzonítico subalcalino y potásico aluminico.

3.3.2 Análisis de Elementos Mayores

La composición química de elementos mayores en las muestras de las diversas unidades del Batolito Gollón – Callangate y de algunas muestras de rocas volcánicas de la Formación Lavasen, asociada espacialmente con el batolito, se han graficado en el diagrama que compara el contenido alcalino total (Na₂O + K₂O) versus el contenido de sílice (SiO₂) según el esquema de Cox et. al. (1979), modificado por Wilson M., (1989) quien lo adapto para rocas plutónicas, se nota claramente que la mayoría de unidades están en el rango de granodioritas a granitos (figura 3.24) y algunas dioritas, mientras que la unidad Chacanto tiene también rasgos de granitos alcalinos.

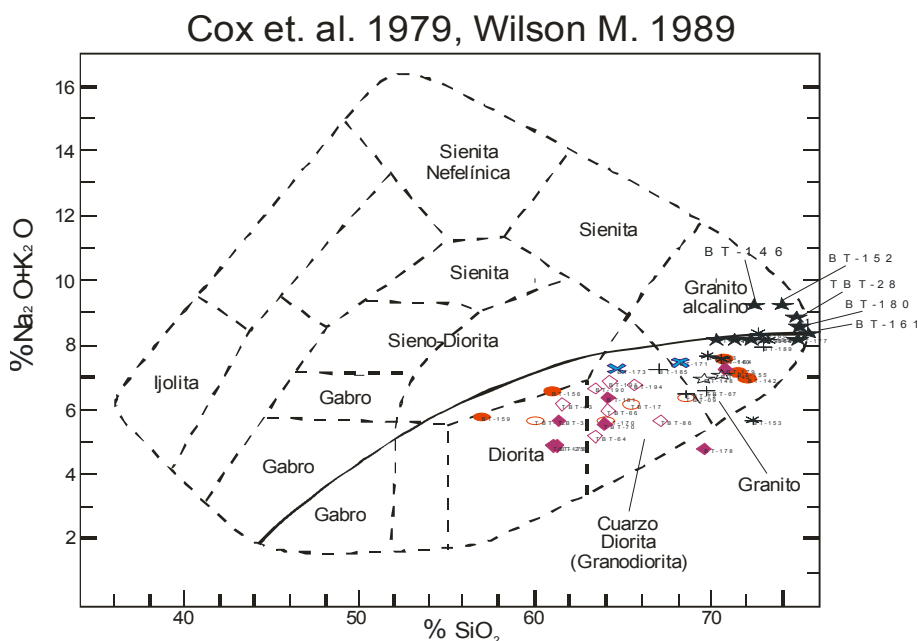


Figura 3.24 Clasificación química de las rocas plutónicas del Batolito Gollón – Callangate, según el esquema de Cox et. al. adaptado por Wilson M., 1989. Se observa variación de diorita a granito.

Para comparación se ha empleado el diagrama TAS de Le Maitre et. al. (1989) usado para rocas volcánicas; se puede ver (figura 3.25) que las muestras de Lavasen caen en los campos de andesita a riolita e igualmente la mayor cantidad de rocas plutónicas se ubican en estos campos, a modo de una distribución lineal. Tres muestras de rocas híbridas asociadas a la unidad Balsas y un xenolito no concuerdan con la mayoría de las muestras caen en los campos de basalto y traquiandesitas, porque al parecer representan material de composición básica asimilado parcialmente por los cuerpos magmáticos en su proceso de ascenso.

En ambos casos se nota que se trata de una asociación característica de rocas que va de dioritas (andesitas) a granitos (riolitas).

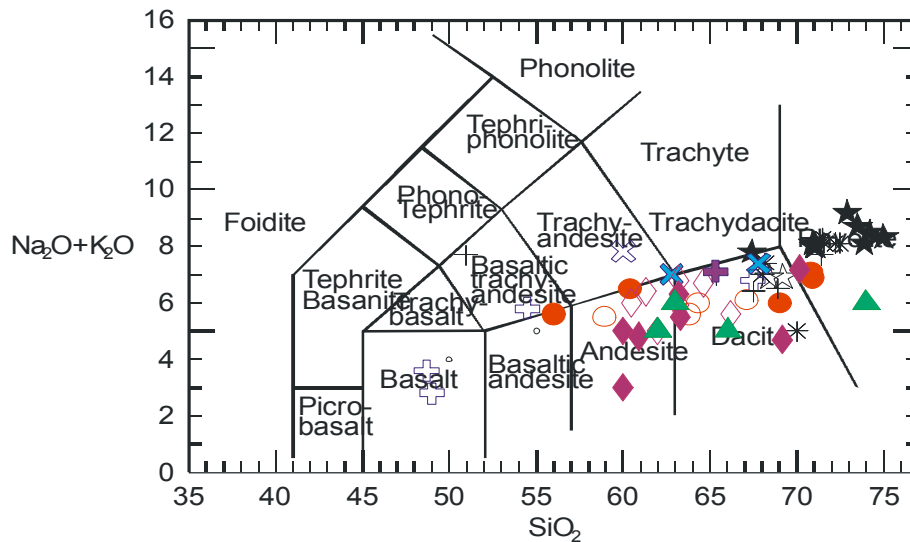


Figura 3.25 Rocas plutónicas y la Formación Lavasen representados en el TAS se observa tendencia similar al diagrama de Cox et. al., Lavasen (triángulos llenos de color verde).

Los datos de componentes mayores graficados en el diagrama AFM, donde A (Na₂O + K₂O) es expresado como Alk en el diagrama triangular (figura 3.26), F(FeO + Fe₂O₃) representado como FeO* y M (MgO); según la línea de división entre el campo Toleítico y Calco alcalino propuesta por Irving & Baragar (1971), permiten concluir que las unidades del Batolito Gollón – Callangate son un conjunto de rocas con tendencia calco alcalina, con excepción de la muestra TBT – 25 de la unidad Balsas y las muestras híbridas BT – 187 y BT – 188, las tres son del valle de Huanabamba y se han tomado donde es evidente la mezcla con material máfico del Complejo del Marañón.

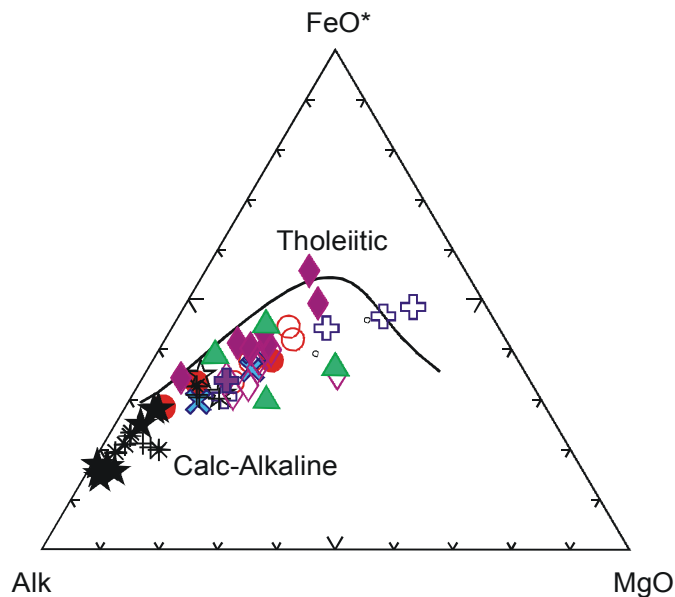


Figura 3.26 Diagrama AFM para rocas ígneas. Se han graficado las rocas plutónicas del Batolito Gollón – Callangate y algunas muestras de la Formación Lavasen.

También se ha graficado los resultados del contenido de alcalinos versus sílice que permite separar los conjuntos o familias de rocas como alcalinas o subalcalinas; tal como puede verse en la figura 3.27, la totalidad de las rocas se ubican en el campo subalcalino.

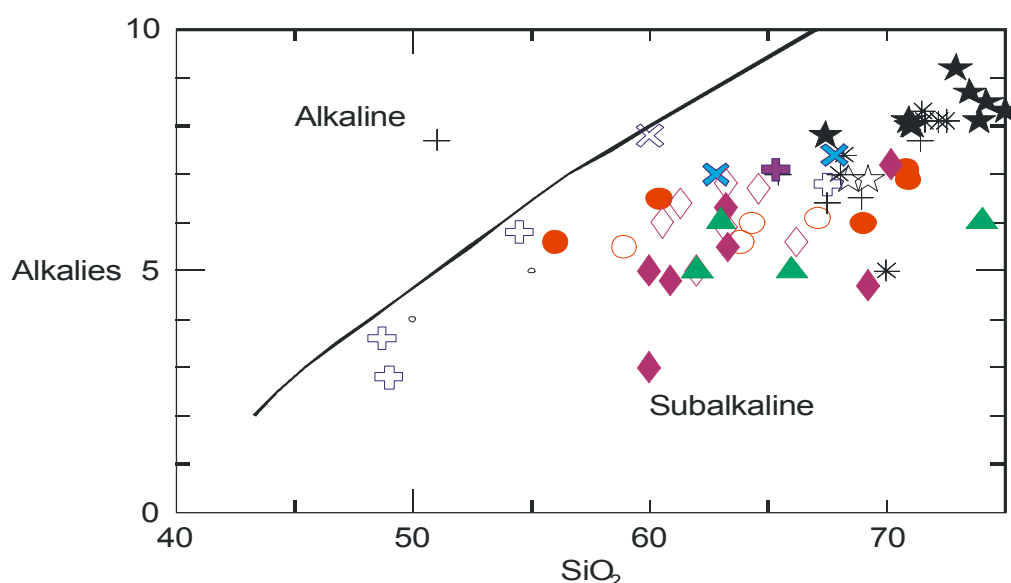


Figura 3.27 Subdivisión de las rocas según el contenido de sílice y alcalinos de acuerdo con curva de Irvine y Baragar (1971). La gran mayoría de las unidades plutónicas y de la Formación Lavasen son subalcalinas

El gráfico discriminante del contenido de potasio (figura 3.28) indica que la gran mayoría de rocas caen en el campo de alto contenido de potasio, algunas muestras de las unidades Balsas y Gollón tienen contenido moderado de K y dos muestras de la unidad Enaben y tres de Chacanto tienen muy alto contenido de K y caen en el campo shoshonítico.

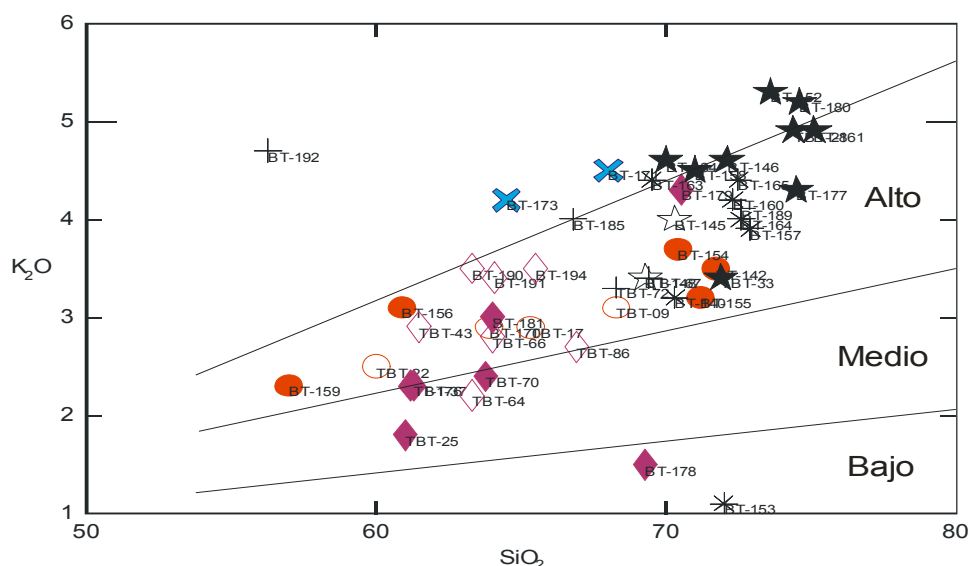


Figura 3.28 Discriminante de contenido de K, la mayoría del Batolito tiene alto contenido de K, con excepción de algunas tonalitas de Gollón y Balsas.

Las unidades del batolito son esencialmente calco alcalinas que tienen los siguientes valores de SiO_2 en peso porcentual:

- Dioritas y microdioritas 50 a 55 %
- Balsas 60 a 63 %
- Gollón 60 – 66 %
- Lavador 59 – 67 %

- Enaben 62 – 67
- Callangate 67 – 69 %
- Abra Chanchillo 65 – 71 %
- Los Alisos 69 – 71 %
- Yalen 68 – 72
- Chacanto 70 – 74 %.

En las muestras BT – 156 y BT – 159 de la Granodiorita Los Alisos, se tienen valores en SiO_2 (59.3 y 55.8 %) y Al_2O_3 (19 y 19.5 %, respectivamente) que son diferentes al conjunto de las otras muestras en particular el contenido elevado de Al_2O_3 , ello debido a que las pequeñas concentraciones de máficos son restitas de rocas metamórficas (foto 3.55). Otra muestra que tiene un contenido anómalo de $\text{CaO} = 15.0$ %, se debe a que se ha analizado una muestra con una vetilla de calcita (BT – 192).

Los resultados analíticos de las muestras recolectadas del Batolito se presentan en los diagramas binarios convencionales con el propósito de mostrar la correlación entre cada uno de los componentes mayores y el SiO_2 y MgO

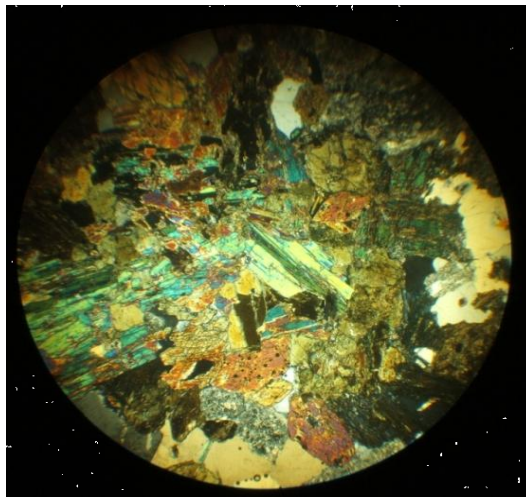


Foto 3.55 Concentración de residuos de anfibolita en granodiorita

Para establecer el grado de relación entre los diversos plutones y unidades de rocas graníticas que conforman el Batolito Gollón – Callangate se ha graficado la información de los análisis de elementos mayores en los diagramas de variación Harker que se tienen en la figura 3.29, en la cual se observa lo siguiente:

- buena correlación negativa o inversa
- entre el SiO_2 con MgO , TiO_2 y CaO
- correlación positiva buena a regular entre SiO_2 y K_2O y moderada con Na_2O
- correlación regular en sentido inverso entre SiO_2 con Al_2O_3
- mala correlación entre SiO_2 y Fe_2O_3

Comparando el MgO en el eje de las abscisas versus otros óxidos (figura 3.30), se tienen las siguientes observaciones:

- buena correlación lineal positiva entre MgO con FeO^* (Fe total) y con TiO_2
- correlación moderada positiva entre MgO con CaO y Al_2O_3
- correlación moderada negativa entre MgO con SiO_2 , K_2O y Na_2O

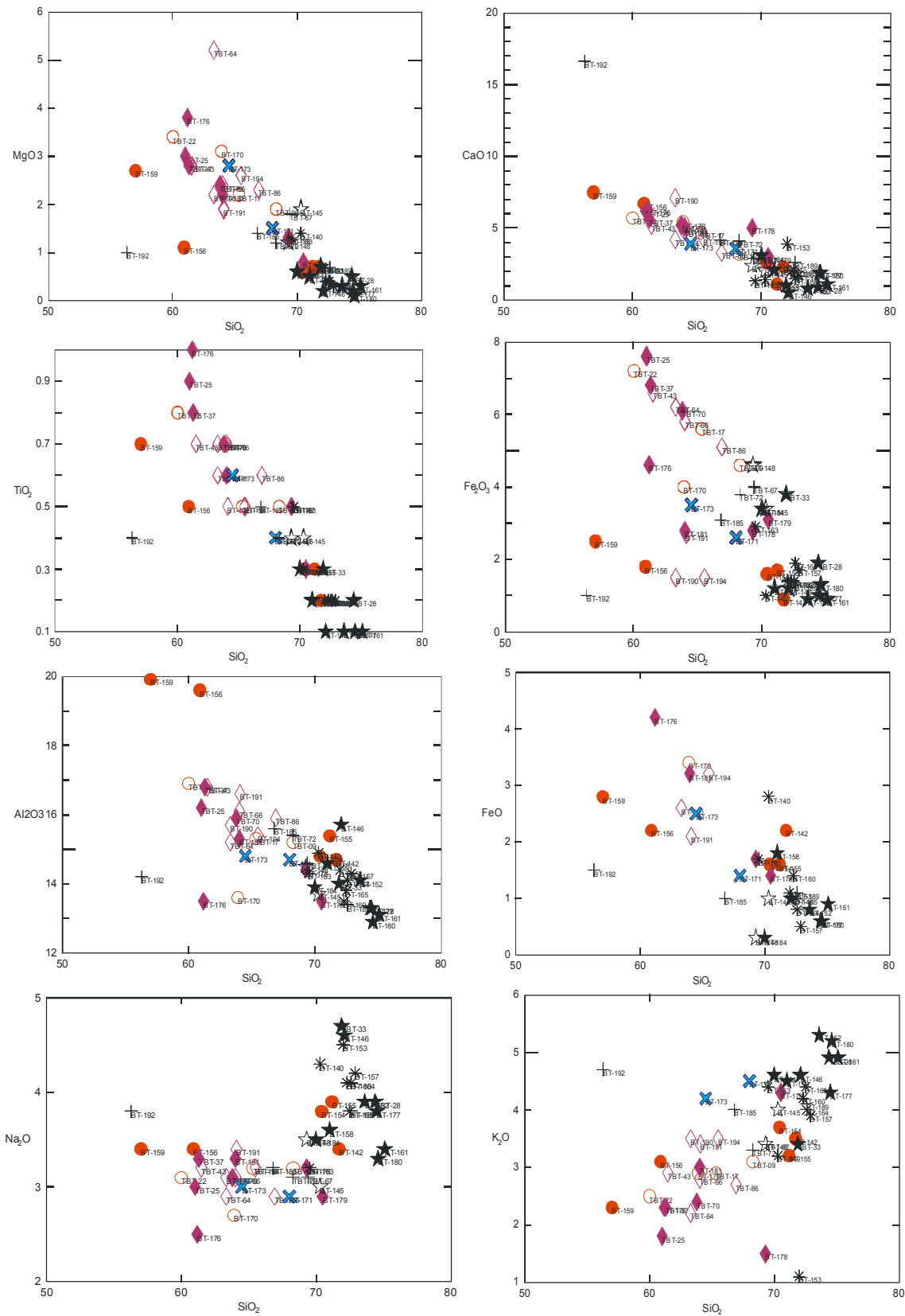


Figura 3.29 Diagramas de Harker de las unidades del Batolito Gollón – Callangate, símbolos iguales a aquellos empleados en las figuras 3.18 y sucesivas.

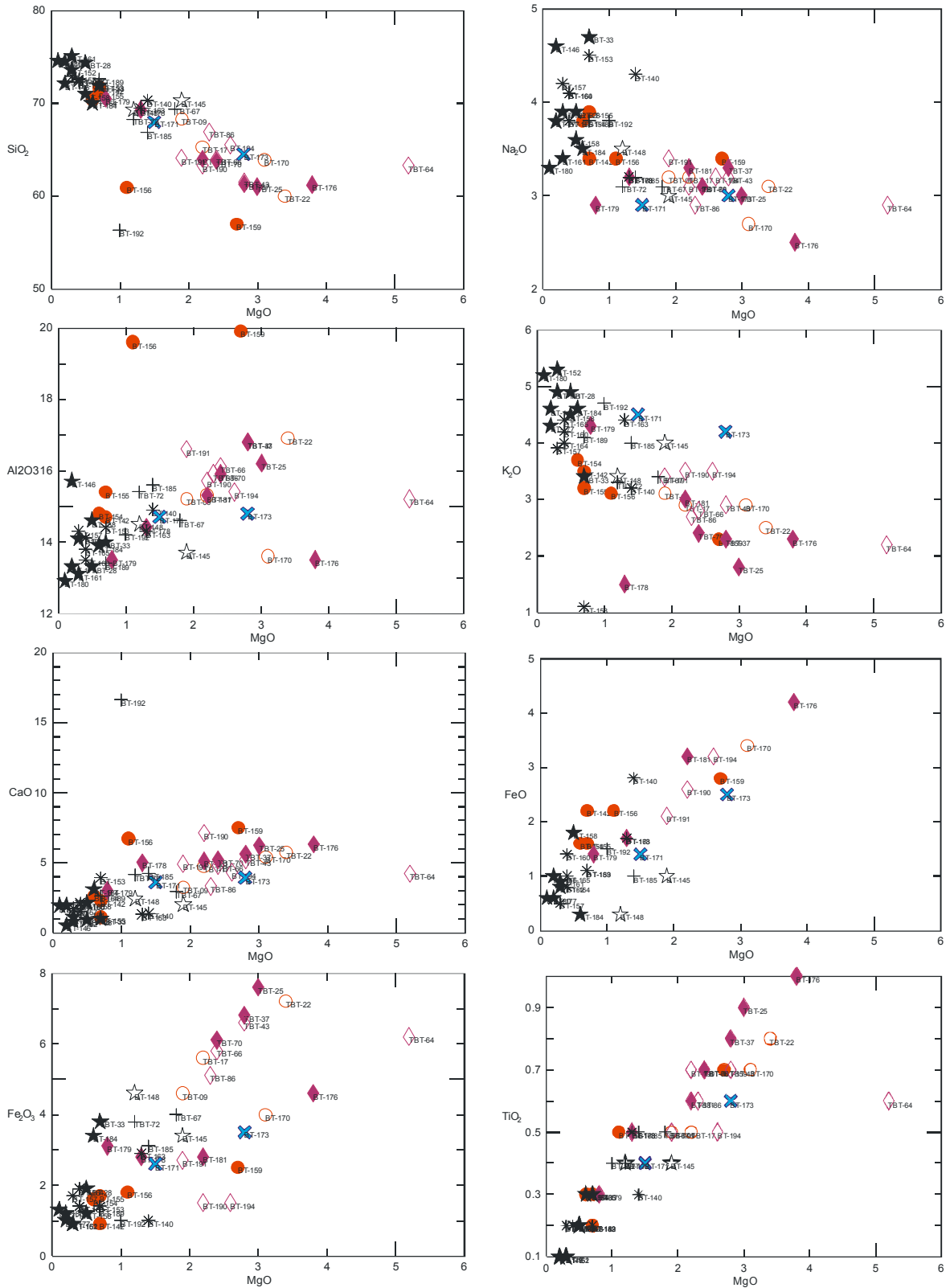


Figura 3.30 Diagramas de MgO vs otros óxidos para muestras del Batolito Gollón - Callagaté

3.3.3 Análisis de elementos traza

Se han analizado 14 muestras de rocas plutónicas e intrusivas por 54 elementos (anexo 3) con el propósito de identificar algunos procesos petrológicos se han ploteado en un diagrama tipo araña multielemental, normalizado al manto primitivo (figura 3.31) considerando que los grupos de elementos

tienen propiedades químicas similares y por tanto deben tener un comportamiento geoquímico similar, por ello se trata de encontrar los procesos geológicos que pueden ser responsables del modo de presentación de los elementos traza; así el gráfico de la figura 3.31 es representativo de una tendencia de evolución calco alcalina característica de un ambiente de subducción con empobrecimiento de Nb, Sr, P, Ti y enriquecimiento de Pb, K, Th, U, Rb

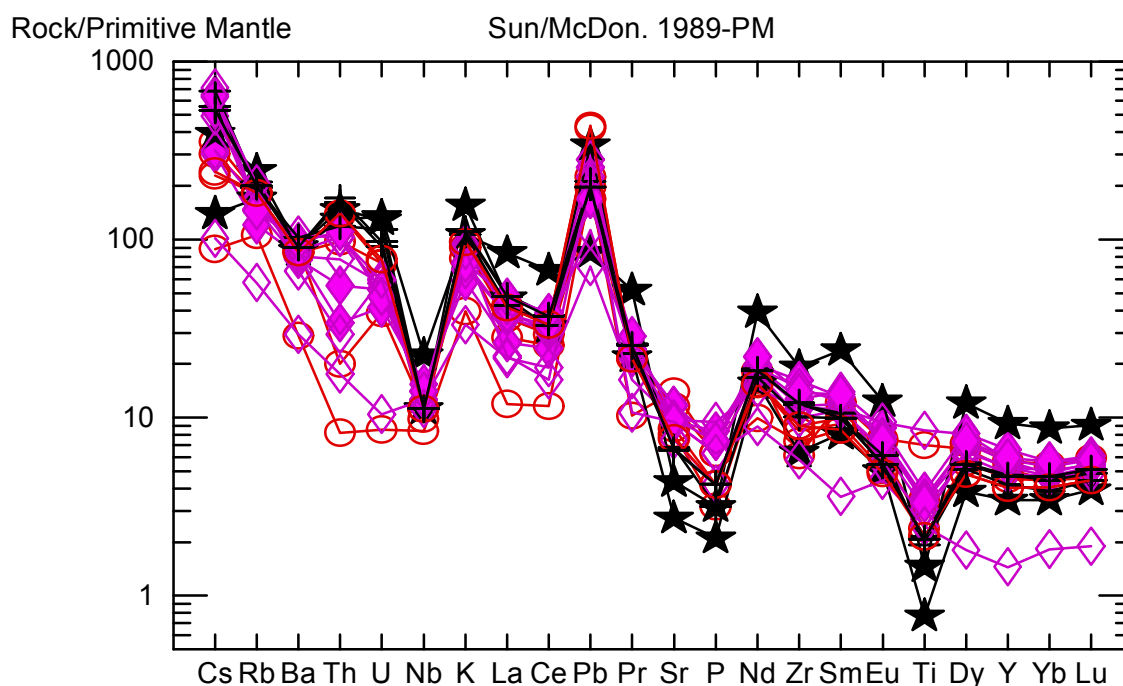


Figura 3.31 Diagrama araña multielemental de muestras del Batolito Gollón - Callangate (símbolos iguales a figuras anteriores)

En el diagrama de tierras raras de la figura 3.32, se representa el contenido de tierras raras normalizado a la condrita Nakamura, 1974 de las diversas rocas del Batolito Gollón – Callangate, que como se ha descrito anteriormente en su mayoría están en el rango de tonalitas a sienogranitos con algunos cuerpos limitados de dioritas.

Se puede observar que la muestra TBT – 86 de la unidad Gollón tiene abundancia menor a 10 el manto en las tierras raras pesadas e intermedias con excepción de Eu, lo cual puede deberse a acumulación de plagioclasa de otra fuente. Un sienogranito (TBT – 28) de la unidad Chacanto tiene valores menores a 10 veces el manto de tierras raras pesadas (HREE).

La muestra TBT – 14 de la unidad Lavador tiene menor contenido de tierras raras ligeras que podría relacionarse a poco fraccionamiento del magma. En tanto que Balsas tiene una pendiente regular que indica cristalización fraccionada normal. Según el arreglo de las curvas se puede deducir que casi todas las unidades serían cogenéticas, sin embargo, existen unidades más fraccionadas como Chacanto (TBT-33) que no compartirían una fuente similar con las otras unidades.

En las unidades Balsas, Lavador, Abra Chanchillo, Chacanto existe anomalía negativa de Eu, que puede interpretarse como cristalización de plagioclasa a partir del magma primario.

El enriquecimiento de tierras raras pesadas (> de 10) estaría relacionada a la no intervención de granate en el sistema, lo cual suele atribuirse a condiciones de menor presión (aproximadamente < de 40 km) que esta relacionado a una corteza delgada donde la relación La/Yb = > de 6.

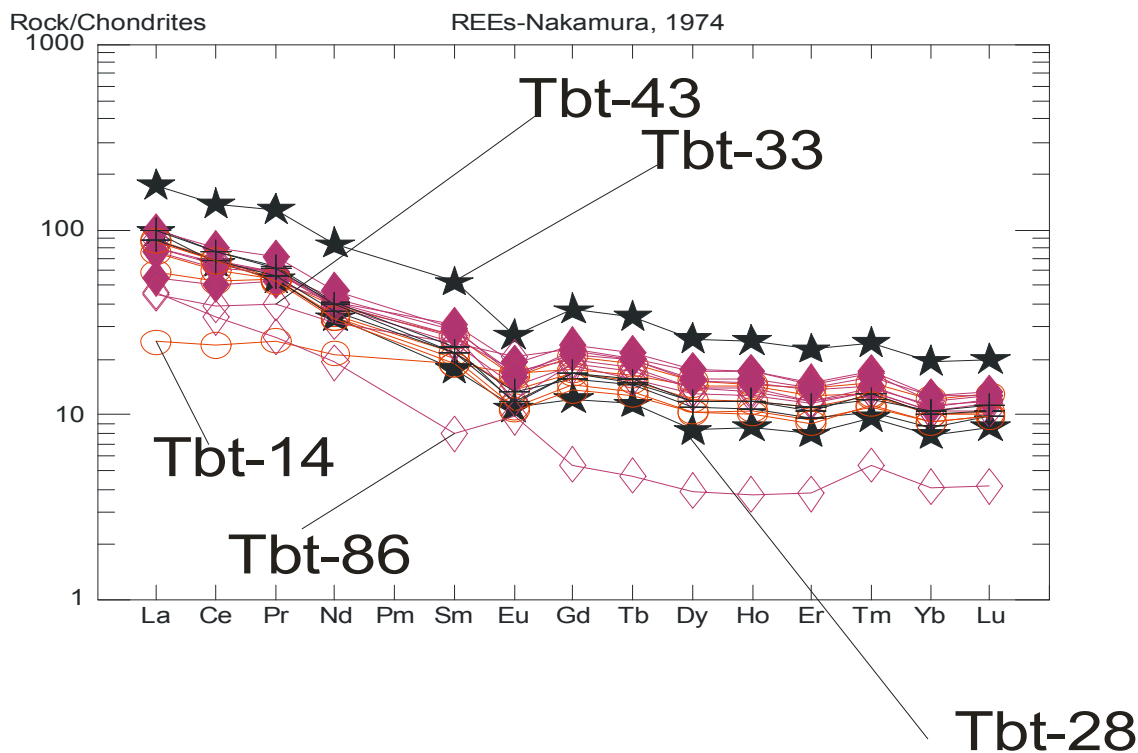


Figura 3.32 Variación en el contenido de tierras raras en las diferentes unidades del Batolito Gollón – Callangate; puede notarse diferenciación que va desde las rocas con menor contenido de sílice a las más diferenciadas.

3.3.4 Análisis de estructuras mineralizadas

Las estructuras relacionadas con la presencia de oro, que existen en la zona de estudio son mayormente vetas de cuarzo emplazadas en rocas graníticas, en el Complejo metamórfico y en rocas pelíticas del Paleozoico inferior. No se ha tratado la mineralización que puede encontrarse en otras rocas, como por ejemplo el Grupo Pucará del Triásico – Jurásico.

Las muestras tomadas corresponden en su mayoría a afloramientos superficiales y algunas labores mineras abandonadas; son en su totalidad muestras indicativas o de reconocimiento, para tener una idea aproximada de existencia del recurso se deben tomar muestras sistemáticamente. El muestreo tipo canaletas se ha hecho en sentido normal a la longitud de la estructura. Se han tomado 8 muestras del área de Lavador 3 del área de Chalabamba, 9 de Gollón, 2 de Chanchillo, 1 de Horabuena, 1 de el Reo, 4 de vetas en el Complejo del Marañón.

Los resultados no son muy alentadores, a excepción de las muestras TBT – 41, TBT – 79 y TBT – 80 que rinden valores de 4.62, 3.51, y 13.9 g/t de Au, respectivamente, además de algunos valores interesantes de Ag, Cu, Pb, Zn (tabla 3.2) que no son persistentes en relación a la aleatoriedad del muestreo.

Tabla 3.2 Resultados de análisis químicos en muestras de estructuras mineralizadas entre Chalabamba y Santo Tomás.

Estructura Mineralizada	Código Muestra	Au g/t	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Mo ppm	Fe %	Mn ppm	Cd ppm	Ni ppm	Cr ppm	Co ppm	As ppm	Hg ppm
Veta Lavador	TBT-03	0,09	6	855	551	64	10	2,71	216	< 0,5	< 5	8	686	1261	0,11
Veta Lavador en galería	TBT-05	0,032	< 0 = 0,5	292	4572	12	6	2,12	79	< 0,5	9	8	445	382	0,11
Veta Lavador extremo NC	TBT-08	0,01	< 0,5	11	6	11	13	15,1	12966	< 0,5	106	7	39	147	0,19
Veta camino Poña-Ingenio	TBT-15	0,92	< 0,5	15	76	27	10	3	328	< 0,5	33	15	372	2018	0,05
Veta Poña-Ingenio Sur	TBT-18	0,89	< 0 = 0,5	38	99	33	9	2,94	430	< 0,5	34	18	348	1427	0,13
Veta SO C° Las Minas	TBT-20	0,68	< 0,5	13	28	16	7	1,69	128	< 0,5	21	13	519	4111	0,05
Veta SO C° Las Minas - O	TBT-21	0,34	< 0,5	17	16	64	15	4,04	630	< 0,5	47	24	249	2403	0,13
V. SO C° Las Minas 2400	TBT-23	0,84	< 0,5	9	19	40	10	2,35	144	< 0,5	27	9	319	1392	0,08
V. Yunguilla-Chalabamba	TBT-29	0,025	< 0,5	156	< 5	51	< 5	2,75	276	< 0,5	45	24	524	1098	< 0,05
Pique Shalcapata	TBT-32	< 0 = 0,01	< 0 = 0,5	80	112	660	21	6	291	< 0,5	109	58	156	87	< 0 = 0,05
Veta cerca de Chinchin	TBT-34	< 0 = 0,01	< 0,5	20	10	41	< 5	2,36	105	< 0,5	41	15	664	< 5	< 0 = 0,05
Cerro Yanacaca	TBT-35	< 0 = 0,01	< 0,5	694	114	146	11	5,2	6799	< 0,5	457	21	246	87	0,15
Veta Mónica - Gollón	TBT-40	1,27	0,5	66	17	< 5	< 5	1,3	919	< 0,5	28	72	636	168	0,16
Veta Mónica - Gollón	TBT-41	4,62	1	147	23	12	< 5	1,55	900	< 0,5	40	100	592	328	0,27
Veta Marlene - Gollón	TBT-44	1,01	6,5	14	32	< 5	< 5	0,61	134	< 0,5	10	5	682	1280	0,13
Veta Regina - Gollón	TBT-46	0,56	< 0,5	16	11	10	< 0 = 5	1,29	391	< 0,5	34	34	505	687	< 0 = 0,05
Veta Melba - Gollón	TBT-49	0,46	< 0,5	13	11	15	< 5	2,47	238	< 0,5	31	16	377	1009	0,14
Veta Granada - Gollón	TBT-51	1,88	1	383	17	218	< 5	1,98	270	2,2	26	11	572	1033	0,7
Veta Fabela - Gollón	TBT-53	0,036	< 0,5	7	5	7	< 5	0,61	287	< 0,5	17	9	851	30	< 0 = 0,05
Veta Antonia - Gollón	TBT-55	0,69	< 0,5	6	6	< 5	< 5	0,61	131	< 0,5	12	11	811	41	< 0 = 0,05
Veta Antonia - Gollón	TBT-56	0,172	< 0,5	6	7	5	< 5	0,8	92	< 0,5	13	16	771	64	0,09
Cortada Oeste Chanchillo	TBT-75	0,023	< 0,5	16	24	43	5	4,62	187	< 0,5	72	136	160	804	0,18
Cortada Este Chanchillo	TBT-77	< 0 = 0,01	< 0,5	2140	13	13	8	5,11	304	< 0,5	80	51	161	43	0,89
Veta en Horabuena	TBT-79	3,51	< 0,5	23	22	30	17	5,17	119	< 0,5	66	44	327	448	< 0 = 0,05
Veta en el Reo	TBT-80	13,9	1	232	2530	582	< 5	3,47	1084	5	55	28	291	12	1,7
Veta en esquistos	TBT-82	0,023	< 0,5	17	12	12	< 5	0,59	206	< 0,5	12	13	708	27	< 0,05
Cz en Complejo Metamór.	TBT-90	< 0,01	< 0,5	13	39	12	< 5	0,46	48	< 0,5	10	6	749	50	< 0,05
Cz en Complejo Metamór.	TBT-92	< 0 = 0,01	< 0,5	58	22	76	5	4,08	665	< 0,5	68	42	271	17	0,05
Cz en Complejo Metamór.	TBT-93	< 0,01	< 0,5	31	52	237	< 5	1,45	265	< 0,5	30	43	393	33	< 0 = 0,05

4. DISCUSIÓN E INTERPRETACIÓN

4.1 Distribución de la Mineralización

La mineralización que se encuentra en la región de estudio corresponde mayormente a vetas de cuarzo con oro y óxidos emplazados en rocas plutónicas, en esquistos y rocas metasedimentarias del Complejo del Marañón y en pelitas pizarrosas del Paleozoico inferior. Según su abundancia y el grado de potencial que representan las más interesantes son aquellas que se encuentran en las rocas del Batolito Gollón – Callangate.

4.1.1 Mineralización en el Batolito Gollón – Callangate

Las vetas con oro emplazadas en rocas graníticas se encuentra a lo largo de 10 a 15 km por 5 a 7 km de ancho, en la zona de Gollón conforme la extensión del macizo de tonalita – granodiorita que se extiende desde Illabamba hasta la quebrada Soledad. Las vetas se encuentran en estructuras secundarias que siguen la dirección general NO – SE y que tienen inclinaciones entre 25° a 65° al NE; están localizadas dentro de los bordes del Batolito limitado por fallas regionales de dirección N 10° a 30° O que delimitan bloques de rocas proterozoicas y paleozoicas.

La mayoría de vetas constituyen relleno de fracturas de tipo extensión caracterizadas por relleno múltiple que ha dado lugar a bandas múltiples de cuarzo blanco y porciones alargadas de rocas caja que tienen formas, lenticulares, irregulares y se encuentran entre las bandas de cuarzo, a veces cruzadas por venillas transversales (vetas Mónica, Granada). Algunas vetas tienen evidencias de movimientos diferenciales de las cajas; por ejemplo a modo de cizalla diestra en el caso de la veta Regina se han producido pliegues por el desplazamiento de las paredes rocosas. En la veta Marlene que tiene una inclinación de 65° al E, existe material esquistoso en el contacto de la caja techo y el dique de la caja piso esta bastante fracturado con una zona de material triturado en el contacto con la veta. No obstante, dada las limitaciones de observación en la actualidad, es prematuro hablar de la geometría de las vetas, al menos en una parte representativa de su recorrido.

Vetas de cuarzo Au se encuentran en Lavador al oeste, sudoeste de Poña, en una extensión de 4 x 2.5 km esencialmente en la tonalita – granodiorita Lavador que aflora al oeste de Poña. Las vetas siguen dirección N 10° - 45° O buzando entre 50° a 75° al NE, en el extremo norte del sector Lavador, al sudoeste de cerro Minas las vetas se inclinan 60° a 70° al SO y adquieren un grosor hasta de 1.20 m, en conjunto a otras vetas paralelas con grosores menores de 30 cm. El cuerpo plutónico donde se encuentran las vetas en Lavador se ha emplazado en rocas metamórficas del Complejo del Marañón limitadas por las fallas regionales San Vicente – Poña al este y la falla Limón al oeste.

Las vetas han rellenado estructuras secundarias de dirección NO – SE y otras siguen direcciones N 70° -80° E inclinadas fuertemente al SE o verticales con evidencias de haber sido rotadas por efectos de la falla regional y desplazadas por estructuras de dirección N 20° – 30° E, subverticales. Las vetas tienen rasgos que indican apertura y relleno de fracturas, pero también evidencias de movimientos de deformación que han estrangulado los cuerpos de cuarzo, formando porciones lenticulares

alargadas. En el caso de la veta Lavador se observa en la caja techo panizo con estrias de movimiento vertical o con inclinación de 80 ° al NO, también se observan ramificaciones menores.

Las estructuras mineralizadas que se encuentran en rocas graníticas son tipo vetas de cuarzo y óxidos, frecuentemente asociados con diques andesíticos que pueden encontrarse en la caja piso o en la caja techo. Las vetas o filones tienen formas tabulares conformadas en su mayoría por cuarzo blanco, macizo que ha rellenado fracturas a veces acompañado con algunos sulfuros como son pirita, esfalerita, rutilo y luego ha ocurrido una segunda etapa con soluciones que dieron lugar a la formación de cuarzo fino microcristalino con calcopirita, galena y oro nativo y/o en la forma de electrum, siendo la etapa última el proceso de formación de limonitas, hematitas, covelita, precipitación de calcita, y otros minerales secundarios de baja temperatura.

Los resultados analíticos de las vetas muestreadas se encuentran entre 0.032 y 4.62 g/t, corresponden a muestras mayormente de superficie y algunas de trabajos tipo media barreta; no son muy alentadores (tabla 3.2) comparando con las leyes de minado en la región de Patate que varían entre 7 a 15 g/t y localmente alcanzan hasta 120 g/t. No obstante, se conoce de la aleatoriedad en los resultados analíticos de oro en vetas por lo cual, un muestreo sistemático puede llevar a mejores resultados en promedio. De hecho por comunicación verbal de los geólogos que trabajan en el Proyecto Amazonas del Consorcio Minero Horizonte se sabe que se han obtenido valores más alentadores y variados, los que supone tienen buena persistencia tanto en sentido vertical como en la horizontal.

4.1.2 Mineralización en el Complejo del Marañón

Las dos evidencias de mineralización aurífera en el Complejo del Marañón se han trabajado desde el siglo pasado y posiblemente desde más antes; se conocen como las minas Horabuena y El Reo, ambas vetas se encuentran en el bloque de rocas metamórficas que aflora al oeste de Santo Tomás, en el flanco oriental de la Cordillera. El bloque de rocas metamórficas está limitado por dos fallas regionales, la falla Lluys – Kuelap al este y la prolongación de la falla Barro Negro al oeste. Las vetas se encuentran próximas a la falla Barro Negro y tienen una separación de 6 km. entre sí, corresponden a estructuras de filones de dilatación formados en esquistos a modo de cuerpos lenticulares conectados. Siguen direcciones de N 40° O a N 45° O con inclinaciones entre 65° a 80° al NE, sus grosores son variables entre 20 a 80 cm al igual que su forma. Las estructuras mineralizadas son concordantes con la foliación o esquistosidad de las rocas del Complejo del Marañón, la cual forma ángulos de 20° a 25° con la falla Barro Negro. Estas vetas están emplazadas en esquistos micáceos y esquistos cuarzo mica, asociados con algunos diques máficos tipo diabasa a hornablendita.

Los resultados de análisis obtenidos de las muestras TBT-79 y TBT-80 tomadas en Horabuena y El Reo, respectivamente, han rendido valores de 3.51 y 13.9 g/t de Au, así con contenidos de Ag, Cu, Pb, Zn relativamente altos en la muestra tomada en la mina El Reo.

Si bien son valores interesantes, se trata de estructuras irregulares que varían de grosor fácilmente y en su continuidad lateral y vertical, lo que hace que su exploración y evaluación sea difícil.

Su origen es impreciso, así como su edad con relación a la mineralización que se encuentra en rocas graníticas, no obstante las características observadas plantean interrogantes respecto a su distribución, volumen, origen y la relación con las rocas hospedadoras.

4.1.3 Mineralización en Pelitas pizarrosas

Entre Chalabamba Molinete y Shalcapata al sudeste de Yalen (Cuadrángulo de Bolívar) existen algunas vetas de cuarzo blanco que han sido trabajadas por mineros artesanales, emplazadas mayormente en sentido transversal a rocas pelíticas (Ordoviciano?) y metasedimentarias – metavolcánicas del Cambriano (unidad superior del Complejo del Marañón). Estas vetas siguen direcciones N 20° a

40° al E y tienen inclinaciones entre 38° a 75° al SE, su longitud es difícil de establecer por la existencia de material de cobertura. Otra estructura ubicada al oeste del río Chalabamba sigue una dirección N 60° O con inclinación de 60° a 70° al SO su trazo es discontinuo. Las estructuras con cuarzo blanco y alguna mineralización de Au, se encuentran en un bloque de rocas del paleozoico inferior limitado al este por la falla Molinete de dirección N 10° a 20° O e inclinación subvertical.

Los resultados analíticos indican que se trata de una veta sin importancia económica. Sin embargo es interesante explicar el origen de estas vetas de relleno de fracturas, que parece tener relación con eventos de apertura de fracturas relacionados al movimiento de fallas regionales. También es interesante el hecho que en el pasado se haya extraído oro.

4.1.4 Tipo de Depósito

Los depósitos de vetas auríferas que se encuentran en Gollón y Lavador, y el Complejo del Marañón, tienen elementos que coinciden con los denominados depósitos de oro orogénico descritos por Groves et. al. (1998), estos son:

- asociación consistente con terrenos metamórficos deformados y con facies de esquistos verdes
- el sulfuro más común en el caso de las rocas ígneas es la pirita
- estructura correspondiente a fracturas de segundo y tercer orden, generalmente cerca a estructuras compresivas de gran escala, que varían de fracturas frágiles a zonas de cizalla dúctil.
- las estructuras mineralizadas tienen desplazamientos pequeños contemporáneos o posteriores a la mineralización.
- el ambiente tectónico es de convergencia de placas (orogénico)

No se tiene información acerca de la mineralogía del depósito en relación con zonación vertical y lateral, tampoco de las zonas de alteración y alternancia de fases, menos de los fluidos responsables de la mineralización.

4.2 Edad y Emplazamiento de las rocas plutónicas

Según las relaciones de contacto observadas, las unidades de rocas plutónicas que constituyen el Batolito Gollón – Callangate tienen relación de corte con las rocas del Complejo del Marañón, y del Paleozoico inferior (figura 1.4), además, al sur y sudoeste de Poña en los cerros de Lavador corta parcialmente a rocas volcanoclásticas del Grupo Ambo y parte de volcanitas consideradas como la unidad inferior de la Formación Lavasen. Al este y sudoeste de Gollón el Monzogranito Chanchillo tiene relación cortante con rocas volcánicas verdes que se consideran preliminarmente del Carbonífero inferior. Entre el Tambo de Callangate, la localidad de Lanchas y Pana se observan rocas pelíticas con fósiles de plantas del Carbonífero inferior que son cortadas por la granodiorita Los Alisos y el Monzogranito Yalen. Según las relaciones mencionadas el Batolito tendría como límite inferior el Misisipiano inferior a medio de acuerdo a la datación de unidades similares del Grupo Ambo en su localidad tipo (Zapata A., et. al. 2004). Como límite superior claramente definido están las rocas volcánicas piroclásticas, conglomerados, areniscas y pelitas rojas del Grupo Mitu. También se observa que la secuencia superior de la Formación Lavasen yace cubriendo a rocas del Batolito. Esta relación se comprueba cuando se encuentran clastos de rocas plutónicas en los conglomerados del Mitu y en las secuencias volcanoclásticas de Lavasen. Al sudeste de Bolívar Sánchez A., (1995), ha reportado fósiles del Pensilvaniano Permiano inferior en una secuencia de calizas que yacen sobre el Monzogranito Callangate en el Cerro Milpo Grande.

Por tanto según la cronología relativa de unidades litoestratigráficas el Batolito se habría emplazado entre aproximadamente el Misisipiano inferior y el Pensilvaniano inferior, según la «International Stratigraphic Chart» publicada por la Comisión Internacional en Estratigrafía en el año 2004.

Sin embargo, considerando que existen diferentes unidades que conforman el Batolito y que entre ellas existen relaciones de corte es probable que algunas unidades más antiguas sean completamente anteriores a la Formación Lavasen y otros más jóvenes tengan relaciones de contemporaneidad o estén relacionados con el volcanismo Lavasen.

Algunas dataciones isotópicas concuerdan con las relaciones de campo, tal como se puede observar en la tabla 4.1, en base a información publicada:

Tabla 4.1 Dataciones publicadas del Batolito Gollón - Callangate

Unidad	Método	Material	Edad (M.A)	Referencia
Granodiorita Balsas	K-Ar	biotita	346 ± 10	Sánchez A. 1983
Plutón Callangate	K- Ar	biotita	338 ± 8	Sánchez A. 1995
Plutón Callangate	K- Ar	biotita	329 ± 10	Sánchez A. 1995

La muestra de la granodiorita Balsas fue tomada en el tramo Chacanto a quebrada Saumate en la carretera a San Vicente y fue datada en los laboratorios del entonces Instituto de Ciencias Geológicas de Inglaterra (IGS). Las muestras del Plutón de Callangate fueron tomadas en un itinerario a lo largo del camino Bambamarca – Bolívar entre la quebrada Pila y el Tambo de Callangate, las que fueron analizadas en los laboratorios de Sernageomin en Chile.

Estos valores establecen edades entre 346 y 329 millones de años, para dos cuerpos plutónicos que no tienen relación de contacto por estar separados espacialmente, sin embargo dan un rango de edad en el que podrían estar comprendidos otras unidades como son Yalen, Los Alisos, Enaben; no obstante faltarían datar las dioritas, las tonalitas Gollón, Lavador, los monzogranitos Abra Chanchillo y los sienogranitos Chacanto, e igualmente las rocas volcánicas asociadas con el Grupo Ambo y la Formación Lavasen, cuyos límites inferior y superior son de edad imprecisa.

Los cuerpos batolíticos continúan hacia el sur a lo largo de la Cordillera Oriental, así, se tienen cuerpos plutónicos con rasgos texturales, estructura y relaciones de contacto similares a aquellos del Batolito Gollón –Callangate, de manera que existen evidencias de un magmatismo carbonífero por lo menos hasta el Perú central.

Las rocas ígneas consideradas como carboníferas son tanto volcánicas como plutónicas, las primeras de acuerdo a su posición estratigráfica yacen sobre las rocas metasedimentarias del Paleozoico inferior y debajo de rocas calcáreas del Pensilvaniano superior - Permiano inferior estando intercaladas con rocas del Grupo Ambo del Missisipiano. Respecto a las rocas plutónicas, existen algunas dataciones publicadas que confirman su edad de emplazamiento (tabla 4.2):

Tabla 4.2 Dataciones publicadas de plutones Carboníferos entre Pataz y Pacococha

Unidad	Método	Material	Edad (M.A.)	Referencia
Adamelita Pacococha	K-Ar	Biotita	346 ± 10	Mégard F., 1979
Adamelita Pacococha	K-Ar	Biotita	290 ± 50	Mégard F., 1979
Batolito de Pataz	Ar40/Ar39	Biotita	321 ± 1	Schreiber et. al. 1990
Batolito de Pataz	Ar40/Ar39	Hornablenda	305 ± 8	Schreiber et. al. 1990
Granodiorita Parcoy	U - Pb	Zircón	329 ± 1	Vidal C., et. al. 1995
Granodiorita Bat. Pataz	Ar40/Ar39	Biotita	328.1 ± 1.2	Haerberlin et. al. 2002
Monzogranito Bat. Pataz	Ar40/Ar39	Biotita	329.2 ± 1.4	Haerberlin et. al. 2002
Aplita Batolito Pataz	Ar40/Ar39	Biotita	325.4 ± 1.4	Haerberlin et. al. 2002

El Batolito Gollón Callangate esta emplazado en un bloque de rocas Proterozoicas y Paleozoicas, controlado por fallas profundas de longitud regional y constituye parte de un conjunto de batolitos que se extienden por mas de 500 km a lo largo de la Cordillera Oriental, lo que induce a suponer un conducto profundo por el cual se desplazaron los magmas a la parte superior de la corteza.

Otra característica es la separación de conjuntos plutónicos, como Callangate – Yalen (granitos – granodioritas), Lavador y volcánicas hasta Jecumbuy, conjunto plutónico intrusivo Balsas (unidades Balsas, Chacanto) y el conjunto plutónico Gollón (tonalitas – granodioritas); separados espacialmente y también por sus rasgos petrográficos; estarían relacionados a focos diferentes o a migraciones de la fuente de magma?.

En el caso de los cuerpos plutónicos del batolito Gollón – Callangate se observa mejor el resultado de los mecanismos de emplazamiento en aquellos cuerpos que se encuentran a menor altitud, como es el Plutón de Balsas, por el contrario en los que se encuentran a mayor elevación como Gollón el techo ha sido erosionado así como las paredes elevadas, no ocurre así en el conjunto plutónico Callangate – Yalen , en donde se observan aún techos colgantes y cobertura, las paredes laterales se pueden observar en los cortes profundos de los ríos Cujibamba y las quebradas Pila, El Tambo, etc.

En el caso del plutón de Balsas, se observa stopping (foto 4.1) y subsidencia de bloques(foto 4.2) notándose apófisis de la granodiorita Balsas dentro de los gneises y esquistos del Complejo del Marañon y bloques del mismo dentro del cuerpo plutónico, ello se observa también a menor escala en los xenolitos y bloques contenidos en el contacto oriental del plutón (figura 3.2 y foto 3.17).



Foto 4.1 Contacto norte del plutón de Balsas a la derecha Complejo del Marañon margen izquierda, viendo al Oeste



Foto 4.2 Bloques del Complejo del Marañon en el Plutón de Balsas, viendo al OSO

En el plutón de Gollón se observan xenolitos de microdioritas mesócratas con formas angulosas, subredondeadas sin regularidad en su distribución (foto 4.3), derivan de la fragmentación de rocas preexistentes. Se puede inferir mecanismos de agrietamiento y partición de cuerpos rígidos como consecuencia del ascenso del cuerpo magmático, lo cual puede denominarse partición del techo y de las paredes adyacentes al cuerpo magmático.



Foto 4.3 Xenolitos de microdiorita, en rodado de tonalita Gollón en Qda. Balsapampa

4.3 Edad de la Mineralización

La mineralización de oro en vetas de cuarzo, que existe en la zona de estudio esta emplazada en unidades del Proterozoico, Paleozoico inferior y en rocas plutónicas del Batolito Gollón – Callangate que se considera del Missisipiano y posiblemente Pensilvaniano inferior. No se observan vetas de cuarzo en el Grupo Mitu, ni en el Grupo Copacabana del Carbonífero superior – Permiano; aunque si existen algunas vetas muy delgadas en las rocas volcánicas de la Formación Lavasen del Abra Chanchillo que tienen carbonatos y silicatos de cobre distinguibles por su coloración verde (TBT-77); sus características son diferentes a aquellas de cuarzo con Au.

De acuerdo a las relaciones observadas la mineralización sería anterior al Grupo Mitu (Permo-Triásico) y a las rocas calcáreas del Permo Carbonífero (Grupo Copacabana) y posterior a la tonalita – granodiorita Lavador y Gollón.

En concordancia con las relaciones estratigráficas observadas se le puede considerar del Carbonífero probablemente del Missisipiano medio Pensilvaniano medio. Ciertamente se requieren dataciones isotópicas de los minerales que conforman la mineralización o los minerales de alteración asociados, como son las muscovitas observadas tanto en Gollón como en Lavador.

En los depósitos de Patáz Haerberlin et. al. 2002 considera como edad de la mineralización valores de 314 – 312 millones de años obtenidos en base a dataciones Ar_{40}/Ar_{39} en muscovitas producto de alteración hidrotermal asociada con la mineralización aurífera. Valor que sirve de referencia importante teniendo en consideración que las características entre Gollón y Patáz son similares.

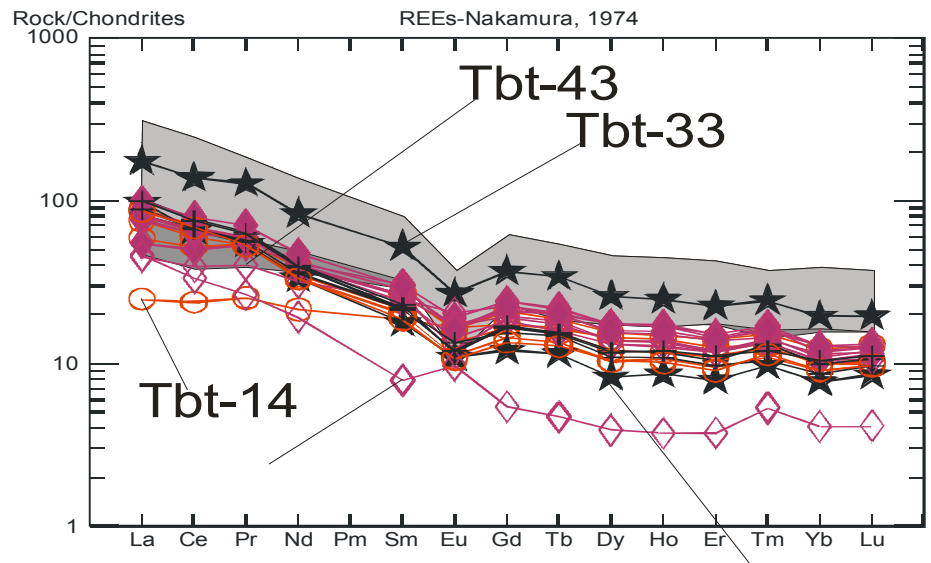
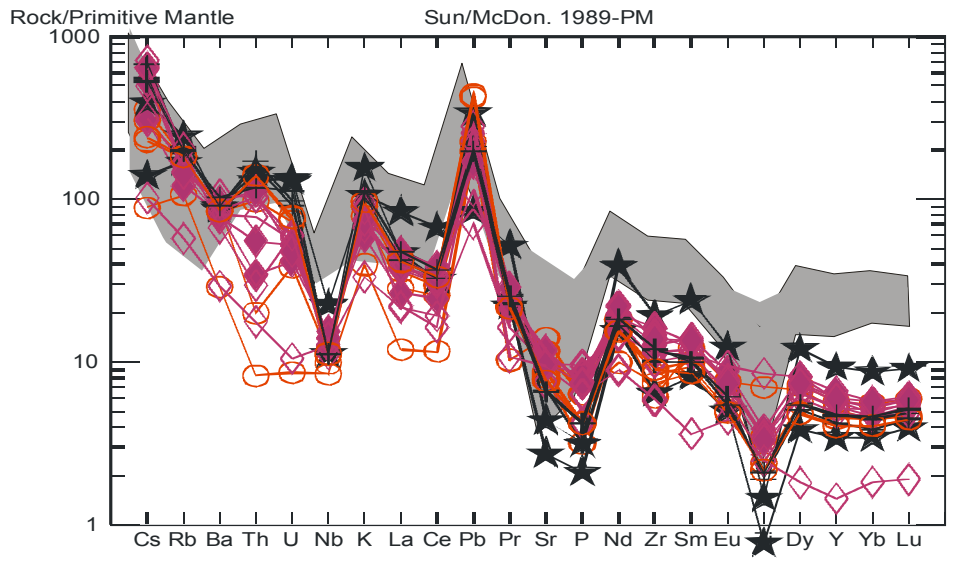
4.4 Interpretaciones petrogenéticas

Las unidades plutónicas e intrusivas del Batolito Gollón Callangate están asociadas de acuerdo a su distribución espacial con las rocas volcánicas de la Formación Lavasen con las cuales presenta afinidades geoquímicas y petrográficas. Cuando se grafican ambas unidades de acuerdo a los diagramas geoquímicos basados en elementos mayores, se agrupan en las graficas como un conjunto de rocas subalcalinas, con tendencia calco alcalina (figuras 3.25, 3.26, 3.27), las que se consideran formadas en ambientes de subducción.

Por otra parte dada las asociaciones mineralógica descritas (plagioclasa, cuarzo, feldespato, hornablenda, biotita) y el contenido de magnetita verificada en muestras molidas, así como la susceptibilidad magnética generalmente mayor a 10×10^{-3} SI, (medidas con un Suceptibilímetro SM – 20), se considera que las rocas graníticas del Batolito Gollón- Callangate son tipo I, calco alcalinas y corresponden a las series de magnetita descritas por Ishihara, S., (1981)

En relación a las tierras raras se puede observar en la figura 4.1 en donde se han reunido la información de las rocas graníticas del Batolito Gollón – Callangate con la información de tierras raras de la Formación Lavasen proporcionadas gentilmente por S. Carrasco; se observa que la morfología de las rocas graníticas en el diagrama tipo araña concuerda con aquella de la Formación Lavasen, y ambas definen una grafica similar a la curva patrón similar a las series calco alcalinas de arcos de isla o márgenes continentales (Fernández S., y Hernández, A., 1991) asociado a una zona de subducción.

Aparentemente las rocas volcánicas son más diferenciadas que la mayor parte de las rocas plutónicas, en relación con las tierras pesadas e intermedias, si bien existe un traslape con respecto a las tierras raras ligeras.



Lavasen

	Piroclastos
	Lavas

Figura 4.1 Diagramas de tierras raras en los conjuntos de las rocas graníticas del Batolito Gollón – Callangate y la Formación Lavasen. Se observa que las rocas volcánicas se sobreponen parcialmente a las rocas graníticas como una capa de rocas más diferenciadas.

Grado de Diferenciación de acuerdo con Fernández S., y Hernández A., 1991, (página 158), uno de los diagramas que «posee ventaja no sólo para clasificación de granitos en distintos grupos de acuerdo con la diferenciación que hayan sufrido» es el diagrama, propuesto por El Bouseily y El Sokkary., 1975, (en Fernández S. y Hernández A., 1991) que compara Ba, Rb, Sr de las rocas graníticas, teniendo en cuenta que Ba y Sr se concentran en la biotita y en la plagioclasa, respectivamente; y además que el Rb aumenta al igual que el K con la diferenciación; en la figura 4.2, se observa que las unidades del Batolito caen en los grupos de granodioritas – cuarzo dioritas a granitos normales; sin embargo, se grafican como granitos anómalos algunas muestras de las unidades Gollón, Balsas, Lavador y Los Alisos, lo cual teóricamente involucra a los granitos relacionados a procesos metasomáticos, granitizados, rapakivi, magmáticos, en general aquellos granitos que han sufrido cambios químicos o han sido formados por más de un sólo mecanismo (Fernández, S. Y Hernández A.); lo cual plantea la interrogante acerca del origen de estos granitos.

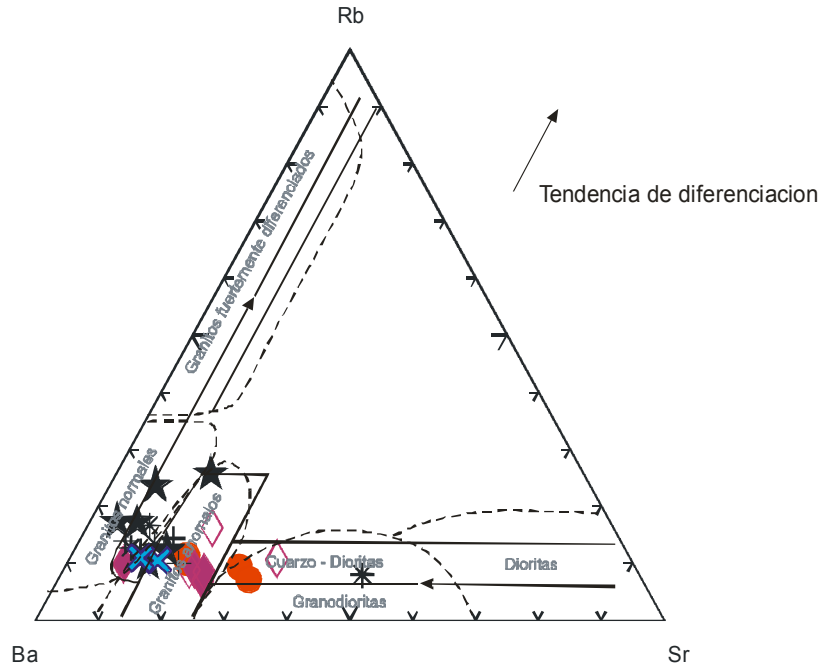


Figura 4.2 Diagrama Ba-Rb-Sr según El Bouseily y El Sokyry., (1975) que permite separar tipos de rocas. Se han graficado las unidades de rocas graníticas del Batolito Gollón – Callangate, para tener una idea de su tendencia de diferenciación.

Otro gráfico que ayuda a visualizar el grado de evolución en la composición es el diagrama binario que compara en el eje X el contenido de SiO_2 y en el eje Y la razón

K/Rb (según Blevin P., 2003), figura 4.3, en la que se puede apreciar que las unidades del Batolito Gollón – Callangate tienen evolución moderada y algunas son fuertemente evolucionadas, en conjunto se ubican en el límite; lo cual significa que su composición no refleja precisamente su derivación del manto. De acuerdo a su ubicación y su signatura geoquímica correspondiente a ambientes de arcos de márgenes continentales se pueden considerar como granitos de «segunda generación» que provienen de refusión o remagmatización de rocas derivadas del manto y los materiales relacionados, de acuerdo con las ideas de Blevin P., (2003).

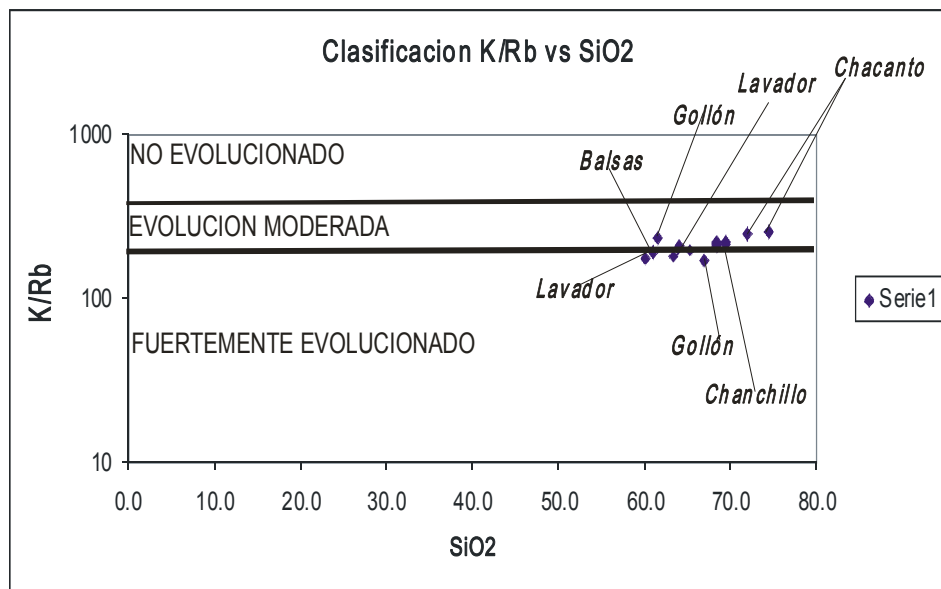


Figura 4.3 Esquema de clasificación según K/Rb, vs SiO_2 de las unidades graníticas del Batolito Gollón – Callangate (Diagrama según Blevin P., 2003), la mayoría están en el límite de Evolución moderada a fuertemente evolucionado.

Según B. Chappell los granitos tipo I de la faja plegada paleozoica de Australia oriental caen en dos grupos formados a altas y bajas temperaturas magmáticas. La distinción se basa en la ausencia o presencia respectivamente de zircón con edades heredadas en las rocas más máficas. También en las diferencias relacionadas en los patrones de variación de Zr con SiO_2 . Los patrones de variación de Zr observados en series graníticas indican que el Zr generalmente decrece con el incremento del contenido de SiO_2 en las series de baja temperatura y se incrementa hacia los contenidos más altos de SiO_2 en las rocas más máficas de más alta temperatura.

La figura 4.4 es un intento de aplicar tal concepto en las rocas graníticas del Batolito Gollón – Callangate; aún cuando el número de muestras es insuficiente, se observa que:

- las unidades Balsas y Abra Chanchillo a mayor contenido de SiO_2 se incrementa el Zr, por lo que serían granitos de alta temperatura y
- en el caso de las unidades Gollón y Chacanto a mayor contenido de SiO_2 disminuye el Zr por tanto serían granitos de baja temperatura.

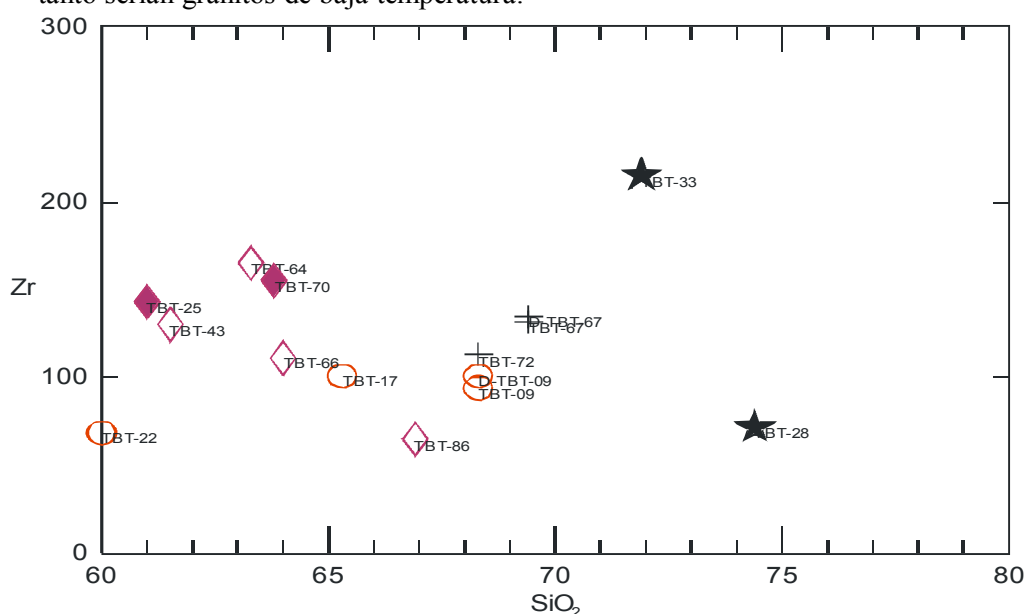


Figura 4.4 Diagrama Zr vs SiO_2 como discriminante de granitos de alta y baja temperatura, de acuerdo con B. Chappell (2003). En este caso se han graficado algunas muestras del Batolito Gollón – Callangate.

La figura 4.5 muestra la clasificación tectónica de las rocas graníticas del Batolito de Gollón – Callangate, de acuerdo al diagrama Nb vs Y, que indica que la mayoría de unidades caen en el campo de granitos de márgenes continentales activos, lo cual concuerda con otras características descritas anteriormente. Asimismo en el diagrama Rb vs Y + Nb, casi todas las muestras caen en el campo de granitos de arcos volcánicos (VAG) con excepción de la muestra TBT – 33, de la unidad Chacanto que se trataría de un granito de intraplaca (WPG).

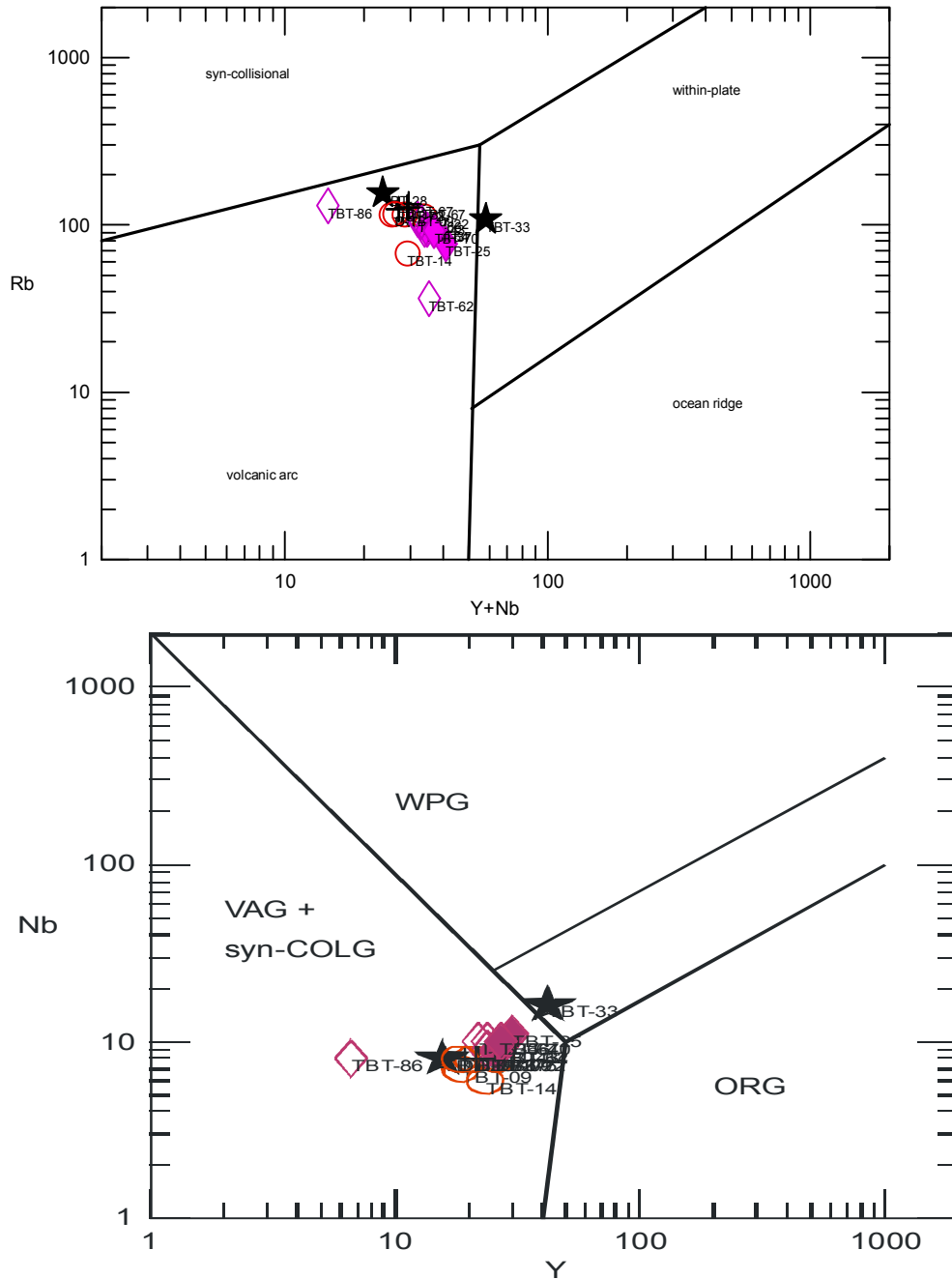


Figura 4.5 Diagramas discriminantes para la clasificación tectónica de granitos (según Pearce et al., 1984, en Rollinson 1993), en base a concentraciones de elementos Rb vs Y + Nb, y Nb vs Y, se observa que la mayoría de muestras de granitos caen en el campo granitos de arco volcánico (VAG) y VAG + syn-COLG

Resumiendo la información obtenida y las interpretaciones hechas acerca de las rocas del Batolito Gollón – Callangate se trata de rocas graníticas asociadas con equivalentes volcánicos (Formación Lavasen), formados en un ambiente de arco de margen continental, relacionado a procesos de subducción. Su grado de evolución no refleja netamente una procedencia del manto, en cambio se trataría de granitos de segunda generación en el sentido de la definición de Blevin P., 2003, teniendo como causas de su variación procesos de mezcla de magmas o posiblemente algo de asimilación; no se puede decir que el proceso principal haya sido la cristalización fraccionada.

Si bien las rocas graníticas del Batolito de Gollón – Callangate de acuerdo a los rasgos petrográficos e interpretaciones geoquímicas corresponden a un ambiente de granitos de arco volcánico (VAG), existe cierta incompatibilidad con el origen de lavas almohadilladas basáltico andesíticas

que se encuentran en las vecindades al este del Abra Barro Negro y que parecen ser del Carbonífero o Devoniano superior.

En la interpretación de la evolución geodinámica del norte peruano, existen dos ideas divergentes acerca de la conexión entre Gondwana y Laurentia durante el Paleozoico inferior, una que considera una colisión continente-continente para desarrollar el Orógeno Famatiniano – Apalachiano (Dalla Salda et. al. 1992 a,b; Dalziel et. al. 1994; en Haeblerlin et. al. 2002) seguida por la formación de Valles tectónicos en el cratón Laurentia y otra que postula la actuación de terrenos alóctonos de afinidad Laurentiana desplazados y que fueron acrecionados a la margen sudamericana en el Ordoviciano tardío al Devoniano tardío.

Por su parte Jaillard et. al. (2000) considera que la proto margen andina en el norte del Perú permaneció como una margen activa desde el Ordoviciano al presente. Haeblerlin & Fontboté, en Haeblerlin (2002), consideran hasta cinco episodios de evolución en la Cordillera Oriental del norte peruano señalando que constituye un fragmento de antepaís en una faja orogénica y que además hubo desprendimiento de terrenos que corresponderían a la prolongación septentrional del terreno Arequipa – Antofalla (ubicado al oeste de la Cordillera Oriental) durante el Missisipiano y con posterioridad al Permo-triásico los que migraron hacia el norte, tales terrenos podrían corresponder al microcontinente compuesto Oaxaca – Acatlán ubicado actualmente en México?.

4.5 Metalogénesis

Según Ishihara S., 1981, la mineralización parece ser controlada en algún grado por la temperatura y presión de los magmas graníticos, así como por la fugacidad del oxígeno, cerca del 100 % del azufre, sulfuros de metales base, oro y plata y gran parte de molibdeno incluyendo el tipo pórfido y los depósitos tipo Kuroko están relacionados al magmatismo de la serie magnetita.

Es claro para el autor citado que se pueden reconocer dos tipos de granitoides: uno que contiene magnetita, con alta susceptibilidad magnética y una razón Fe_2O_3/FeO alta, y otra que contiene menos ilmenita y prácticamente sin magnetita con baja susceptibilidad magnética y Fe_2O_3/FeO . En los granitoides calco alcalinos estas dos series pueden ser separadas por la razón Fe_2O_3/FeO a aproximadamente 0.5 según el autor mencionado; de acuerdo con ello las rocas plutónicas e intrusivas del Batolito de Gollón – Callangate pertenecen a la serie magnetita por que tienen valores de $Fe_2O_3/FeO >$ de 0.5 (valores entre 0.5 a 12).

Por otra parte se considera que los magmas de la serie magnetita pueden haberse originado a niveles profundos, como por ejemplo en las placas que descienden debajo de otra (subducción), en la cuña del manto superior o en la corteza inferior; estos magmas asimilaron agua en las primeras etapas de su evolución. El agua puede actuar como un medio oxidante y resultaría importante para la formación de magmas de la serie magnetita. Las dos series de granitoides se forman como una función de la diferente fugacidad del oxígeno durante la evolución de los magmas graníticos, así los granitoides de la serie magnetita solidifican en condiciones de fugacidad más altas.

Precisamente el estado relativo de oxidación de los magmas es de gran importancia en el control de la naturaleza compatible/incompatible de muchos elementos de mena (Blevin, P., 2003), tal estado de oxidación es principalmente heredado de la fuente. La clasificación del estado de oxidación se puede hacer usando criterios mineralógicos y petrográficos, estableciendo las razones Fe_2O_3/FeO y mediante métodos geofísicos.

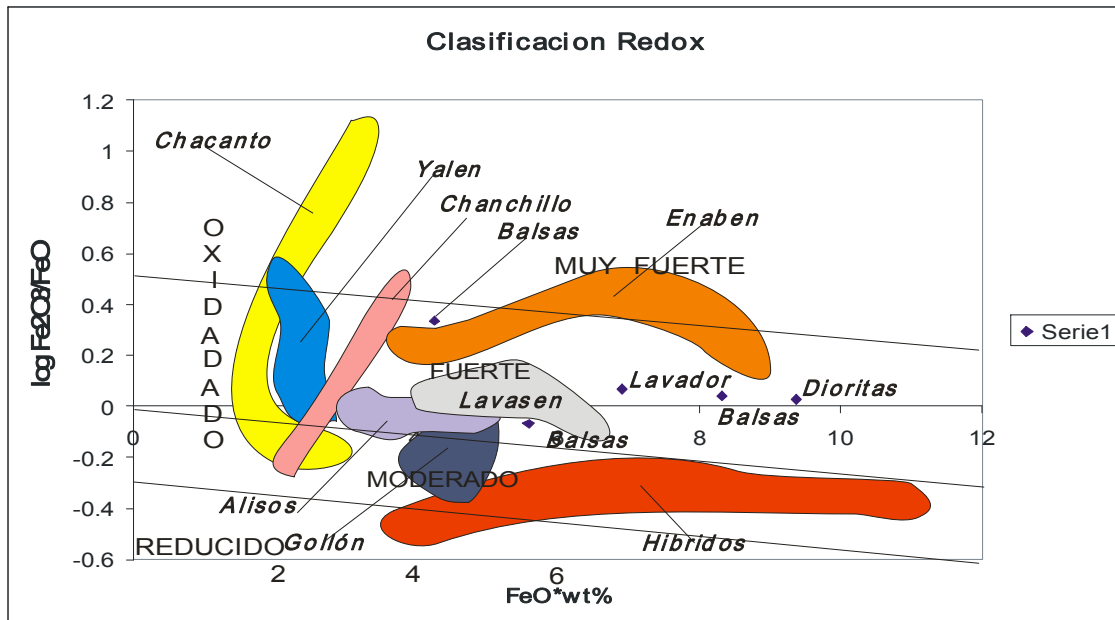


Figura 4.6 Estado de oxidación de las unidades del Batolito Gollón – Callangate, según la clasificación Redox, diagrama según Blevin, P., (2003)

De acuerdo con el diagrama de Blevin, P., (2003), en la figura 4.6 se puede observar que la mayoría de las unidades del batolito Gollón – Callangate caen en el campo de estado de oxidación moderada a fuerte, como referencia se indica que los sistemas de pórfidos de Cu- Au caen en el campo fuertemente oxidado.

El oro puede ser transportado y concentrado como complejos bisulfurados o clorurados, El Au bisulfurado se concentra alrededor de plutones oxidados (estado de oxidación fuerte a moderada), en cambio el Au clorurado se encuentra con una variedad de estados de oxidación; por tanto es muy importante la identificación del tipo de oxidación de los granitoides en la exploración mineral en rocas graníticas.

Para el conocimiento de las características metalogénicas de las rocas graníticas es importante entender las condiciones de P y T que se dieron en la región fuente al momento de la fusión y la composición del material original.

Otro aspecto a tener en cuenta en la distinción de los granitos tipo I es reconocer los granitos de temperaturas magmáticas bajas y altas, lo cual se puede establecer en base a la presencia o ausencia de zircón con edades heredadas en las rocas más máficas (Chappell, B., 2003). Considerando que los granitos tipo I de alta temperatura fueron generados por fusión parcial de rocas máficas, y representan una adición primitiva a la corteza superior, mientras que los granitos tipo I de baja temperatura resultaron de la fusión parcial de rocas cuarzo feldespáticas; en los granitos I de baja temperatura aparentemente no existiría mineralización asociada; lo cual plantea un interrogante ya que en el caso de las unidades del Batolito de Gollón – Callangate se observan cristales de zircón casi en todas las unidades y la unidad Gollón que contiene el mayor número de vetas de cuarzo con Au, es de baja temperatura según la figura 4.4.

En las evidencias de oro encontradas en las vetas de cuarzo, este se presenta en inclusiones de granos libres en pirita y ganga.

La esfalerita y galena se suelen encontrar mas en estructuras que tienen evidencia de cizallamiento o fallamiento. En tanto que la anhidrita que se detecta mediante PIMA puede deberse a la combinación de sulfatos durante la mineralización primaria relacionada a la liberación del catión Ca

⁺⁺ a partir de minerales cálcicos (plagioclasa). Ello permite suponer que ha habido interacción de los fluidos mineralizantes con la roca caja.

Todos los valores de temperatura obtenidos en las inclusiones fluidas de los cuarzos de veta en rocas intrusivas y en las pelitas pizarrosas, relacionados con la mineralización de oro, son menores a 370° C. (160° - 370° C) no exceden el punto crítico del H₂O (374° C y ~ 220 bars para el agua pura, King, P., & White, A., 2003), por tanto no se trataba de fluidos magmáticos. En el caso de las inclusiones de cuarzo en rocas metamórficas algunas temperaturas de homogenización exceden el valor del punto crítico. Mientras que en el caso del cuarzo de roca granítica los valores de temperatura obtenidos en las inclusiones fluidas son mayores de 540° C, en este caso los fluidos son netamente de origen magmático.

CONCLUSIONES

5.1 Resumen de los resultados e interpretaciones

- En el batolito Gollón – Callangate se han identificado 9 unidades plutónicas e intrusivas, que de acuerdo a la clasificación QAP varían entre tonalitas a sienogranitos, con algunos bloques o afloramientos pequeños de diorita y algunos plutones orientales no agrupados en la Qda. San José, El Tingo. Estas unidades pertenecen a las asociaciones de tonalitas, granodioritas calco alcalinas, monzoníticas subalcalinas y potásico alumínicas.
- De acuerdo a su composición química de elementos mayores las muestras de las diferentes unidades del Batolito gradan de dioritas – cuarzo diorita (granodioritas) – granito – granito alcalino, según el diagrama de Cox et. al. 1979, adaptado por Wilson M., 1989.
- Cuando se representa los óxidos mayores en el diagrama ternario AFM y en diagramas binarios que comparan SiO_2 versus alcalinos, empleando la línea de división de Irving y Garagar (1971); se observa que casi la totalidad de muestras son subalcalinas, caen en el campo calco alcalino y en su mayoría tienen alto contenido de potasio.
- De acuerdo al contenido de SiO_2 , las unidades Balsas, Gollón, Lavador, Enaben y Callangate tienen entre 60 a 69 % de SiO_2 y las unidades Abra Chanchillo, Los Alisos, Yalen, Chacanto tienen entre 65 a 74 % de SiO_2 .
- Los diagramas binarios de SiO_2 y MgO versus otros óxidos ponen en evidencia una correlación buena entre los componentes básicos mientras que los componentes ácidos tienen correlación regular a buena. La diferenciación magmática no parece haber sido un proceso dominante.
- Los análisis de elementos traza de acuerdo a la morfología del diagrama tipo araña indican que la secuencia de rocas plutónicas del batolito Gollón – Callangate y las rocas volcánicas de la Formación Lavasen son de ambiente de subducción con unidades cada vez más diferenciadas.
- Las rocas plutónicas de acuerdo a sus relaciones de contacto se han emplazado en bloques de rocas proterozoicas y paleozoicas controlados por fallas profundas de longitud regional, a modo de complejos plutónicos separados; mediante mecanismos de agrietamiento y partición de cuerpos rígidos como consecuencia del ascenso del magma, stoping, y subsidencia de bloques dentro del cuerpo magmático ascendente con asimilación parcial de fragmentos de la roca techo.
- Algunas dataciones K-Ar publicadas indican que las unidades de Balsas y Callangate se emplazaron entre los 346 a 329 millones de años; de acuerdo a sus relaciones de yacencia las unidades plutónicas e intrusivas del Batolito Gollón – Callangate se emplazaron entre el Missisipiano inferior y el Pensilvaniano inferior.
- EL Batolito Gollón – Callangate es un Batolito simple con plutones de rocas graníticas asociadas con equivalentes volcánicos (Formación Lavasen), formados en un ambiente de arco de margen continental, relacionado a procesos de subducción. Su grado de evolución no refleja netamente una procedencia del manto, en cambio se trataría de granitos de segunda

generación en el sentido de la definición de Blevin P., 2003, teniendo como causas de su variación procesos de mezcla de magmas o posiblemente algo de asimilación.

- La mineralización de oro que se encuentra en la zona del Batolito Gollón – Callangate conforma filones o estructuras tipo veta que yacen emplazadas mayormente en tres unidades estratigráficas: el Complejo del Marañón, pelitas pizarrosas del Paleozoico inferior y mayormente en cuerpos plutónicos de las unidades Lavador y Gollón, y muestran una notable disparidad en contenidos de oro.
- La mineralización en vetas de cuarzo y Au, que se encuentran dentro de rocas plutónicas, se distribuye en la tonalita – granodiorita Lavador que aflora al oeste y sudoeste de Poña en una extensión de 4 x 2,5 se caracteriza por vetas discontinuas de rumbo NO –SE que se inclinan 50° – 75° al NE y cambian su inclinación al SO en el sector C° Minas. Algunos segmentos de vetas tienen direcciones N 20° – 30° E en posición subvertical. Las concentraciones determinadas en los análisis van de 0.010 a 0.92 g/t, no tienen mayor importancia comercial.
- Los filones de cuarzo y Au en el sector de Gollón son más numerosos, están emplazados en la tonalita – granodiorita Gollón. Se han registrado 15 vetas de rumbo NO – SE inclinadas entre 32° - 75° al NE con grosores variables menores de 1.2 metros, que suelen variar tanto a lo largo del rumbo como en la vertical, afloran entre altitudes de 1400 a 3400 msnm. Los valores que han rendido las muestras analizadas varían entre 0.036 a 4.62 g/t de Au.
- Las vetas que se encuentran en esquistos del Complejo del Marañón en las localidades de Horabuena y El Reo tienen direcciones N 40° – 45° O con inclinaciones entre 65° a 80° al NE y grosores cambiantes entre 20 a 80 cm. Han rendido valores de 3.51 y 13.9 g/t de Au. En cambio las vetas que se encuentran en el sector occidental del Complejo no muestran evidencia de la presencia de oro, parecen ser segregaciones metamórficas.
También existen vetas de cuarzo en rocas pelíticas gris oscuras en el área de Chalabamba, que siguen direcciones en su mayoría NE – SO tienen grosores menores de un metro, han rendido valores menores de 0.025 g/t.
- La mineralización de oro de acuerdo con sus relaciones espaciales parece haberse emplazado luego del magmatismo intrusivo y con anterioridad a las secuencias de rocas marinas del Pensilvaniano – Permiano inferior. No existen edades determinadas por métodos geocronológicos.
- Estableciendo correlación con el distrito minero de Pataz – Parcoy – Buldibuyo que se encuentra al sur sudeste del batolito Gollón – Callangate, se observa cuerpos plutónicos similares a las unidades Gollón y Lavador, es decir en ambos existen tonalitas y granodioritas con hornablenda y biotita de grano medio, en las que están emplazadas la mayoría de vetas de cuarzo y Au. También se encuentran monzogranitos en el sector oriental de Pataz, con vetas de baja concentración en Au. Las características estructurales, paragenéticas y las alteraciones son similares en Pataz, Gollón y Lavador.
- La distribución y extensión de las vetas en el área de Gollón y con respecto a la extensión de la tonalita – granodiorita Gollón tiene un valor potencial importante considerando la morfología, altitud y grado de erosión alcanzado. En cambio el área de Lavador es menos extensa y tiene un nivel de erosión más profundo yendo desde Lavador (2000 – 2900 msnm) hacia la quebrada Miriles en el río Marañón.(900 msnm.)
El complejo plutónico de Callangate – Yalen, es aún una incógnita en cuanto a la existencia de mineralización aurífera, ya que aún no se ha hecho una investigación minuciosa.
- En el caso del Complejo del Marañón las vetas existentes son muy delgadas y variables de modo que su seguimiento y estudio es dificultoso.

5.2 Aplicaciones prácticas

- Las granodioritas y tonalitas calco alcalinas de tipo I que albergan mineralización aurífera se reconocen por la presencia de hornablenda en muestra de mano y por la presencia de magnetita que se puede determinar empleando un imán convencional en la muestra molida y/o mediante el empleo de un medidor de la susceptibilidad magnética (valores mayores de 10×10^{-3} SI, indican que se trata de rocas de la serie magnetita).

- Tratándose de rocas que se consideran generadas en ambientes de subducción se debe esperar encontrar en el campo los componentes plutónicos y los volcánicos correspondientes.
- Las rocas plutónicas del Carbonífero que tienen vetas de cuarzo con Au están asociadas espacialmente o tienen como vecinos bloques de rocas metamórficas más antiguas.
- Después de haber examinado las estructuras mineralizadas y sus rocas caja se puede afirmar que las rocas plutónicas que tienen las mejores estructuras con mineralización de Au son las granodioritas – tonalitas con hornablenda y biotita de grano medio, se les distingue como rocas leuco – mesócratas.
- Las estructuras de cuarzo con mayores contenidos de Au generalmente están inclinadas al NE y se encuentran entre fallas regionales de alto ángulo, que limitan unidades estratigráficas de edades muy diferentes.
- Los cuerpos de unidades de granito tienden agruparse en complejos de rocas leucócratas siguiendo alineamientos estructurales.
- Los grosores de las estructuras filonianas en superficie son discretos, pero generalmente aumentan de grosor con la profundidad.
- El grado de alteración, no es precisamente una guía para ubicar vetas de cuarzo con Au, ya que las zonas de alteración son en su mayoría imperceptibles en los afloramientos expuestos a la intemperie.

Los componentes frecuentes en las estructuras de vetas de cuarzo con Au en la zona de estudio son:

- cuarzo lechoso macizo
- bandas o manchas con limonitas (óxidos)
- diques afaníticos oscuros
- franjas cizalladas con presencia de cuarzo
- la roca caja es granodiorita – tonalita de grano medio (leuco – mesócrata)

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARGÜELLES, V., VIDAL C., 1982. Geología de las zonas auríferas de Gigante y Alaska: 16 Convención de Ingenieros de Minas. Lima, pp 1 – 11.
- BELLIDO E., DE MONTREUIL L., 1972. Aspectos Generales de la Metalogenia del Perú. Servicio de Geología y Minería. Boletín N° 1. Geología Económica.
- BENAVIDES, V., 1956. Cretaceous System of Northern Peru. Bulletin American Museum, Natural History. New York, vol. 108.
- BENAVIDES CÁCERES V., 1999. Orogenic Evolution of the Peruvian Andes: The Andean Cycle; en Geology and Ore Deposits of the Central Andes, Editado por B. Skinner, Society of Economic Geologists, Inc. Special Publication Number 7.
- BLEVIN P., 2003. Metallogeny of Granitic Rocks. En Magmas to Mineralisation: The Ishihara Symposium. Geoscience Australia Record 2003/14, pp. 1- 4.
- BROGGI J.,A., 1942. Geología del Embalse del Río Chotano en Lajas. Boletín Sociedad Geológica. Perú. t 12, fascículo 1.
- CHAPPEL, B., 2003. Hi an Low temperatures Granites, en Magmas to Mineralisation: The Ishihara Symposium. Geoscience Australia Record 2003/14, pp 35 – 36.
- COBBING J.,2000. The Geology and Mapping of Granite Batholiths. Lectures Notes in Earth Sciences 96, Editado por Springer Verlag Berlin Heidelberg, Germany.
- COBBING J., PITCHER W., WILSON J., BALDOCK J., TAYLOR W., McCOURT y SNELLING N. J., 1981. Estudio Geológico de la Cordillera Occidental del Norte del Perú. Editado por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Boletín N° 10, Serie D, Estudios Especiales. Lima – Perú.
- COX K. G., BELL J. D., and PANKHURST R. J., 1979. The Interpretations of Igneous Rocks. George Allen and Unwin, London.
- DALMAYRAC B., LAUBACHER G., MAROCCO R., 1988. Caracteres Generales de la Evolución Geológica de los Andes Peruanos. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Boletín N° 12 serie D. Estudios Especiales. Lima.
- DE LA CRUZ N., 1996. Estudio Geológico de los Cuadrángulos de Sandia y San Ignacio. INGEMMET. Boletín N° 82, serie A. Lima.
- ESCUADERO J., 1967. Recursos Minerales del Departamento de Amazonas. Servicio de Geología y Minería. Informe interno.

- GEYER, O., 1979. Ammoniten aus dem tiefen unterjura von nord peru. *Paleontologische zeitschrift*, vol. 53.
- GROVES D, I., GOLDFARB R., J., GEBRE-MARIAM M., HAGEMANN S., G., ROBERT, F., 1998. Orogenic gold deposits: A proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types. *Ore Geology Reviews* 13, 7- 27. Elsevier.
- HAEBERLIN, Y., 2002. Geological and Structural Setting, Age, and Geochemistry of the Orogenic Gold Deposits at the Pataz Province, Eastern Andean Cordillera, Perú. *Terre & Environnement*, volume 36. Section des Sciences de la Terre, Université de Genève.
- HILLEBRANDT A., V., 1981. Faunas de amonites del Liasico inferior y medio (Hetangiano hasta el Pleinsbachano) de América del Sur. (Excluyendo Argentina) Volkheimer, Wolfgang editor vol. 2.
- INTERNATIONAL COMMISSION ON STRATIGRAPHY. 2004. International Stratigraphic Chart.
- ISHIHARA, S., 1981. The Granitoid Series and Mineralisation. *Economic Geology, 75th Anniversary Volume*, pp 458 – 484.
- JAILLARD E., HÉRAIL G., MONFRET T., DIAZ-MARTINEZ E., BABY P., LAVENU A., AND DUMONT J. F., 2000. Tectonic Evolution of the Andes of Ecuador, Perú, Bolivia and Northernmost Chile. En *Tectonic Evolution of South America*, p 151 – 182, editado por Cordani U. G., Milani E. J., Thomaz Filho A., and Campos D. A. Rio de Janeiro Brazil.
- KING, P., L., & WHITE, A., J., R., 2003. Granites, Volatile Solubility & Tracking the Formation of Magmatic Fluids. En *Magmas to Mineralisation: The Ishihara Symposium*. *Geoscience Australia Record 2003/14* pp 85 – 88.
- KUMMEL B., 1950. «Stratigraphic Studies in Northern Peru» publicado por *American Journal of Sciences*, volumen 248, pp 249-263.
- LAUBACHER G., 1978. Estudio Geológico de la Región Norte del Lago Titicaca. Instituto de Geología y Minería. Boletín N° 5, serie D. Estudios Especiales. Lima.
- LOUGHMAN D., L., HALLAM A., 1982. A facies Analysis of the Pucara Group Norian to Toarcian carbonates, organic-rich shale and phosphate of central and northern Peru.
- MACFARLANE, A. W., TOSDAL, R. M., VIDAL, C. E., AND PAREDES J., 1999. Geologic and Isotopic Constraints on the Age and the Origin of Auriferous quartz veins in the Parcoy mining district, Pataz, Perú, in Skinner, B. J., ed., *Geology and Ore Deposits of the central Andes: Economic Geology Special Publication Series*, v. 7, p. 267 – 279.
- MÉGARD F., 1979. Estudio Geológico de los Andes del Perú Central,. INGEMMET. Boletín N° 8 Serie D, Estudios Especiales.
- NEWELL N., D., CHRONIC J., ROBERTS T., 1953. Upper Paleozoic of Peru. *Geological Society American*, Memoir 58, pp 1 - 276.
- NEWELL N., D., y TAFUR I., 1943. Ordovícico fosilífero en la Selva Oriental del Perú. *Boletín Sociedad Geológica del Perú*. 14, pp 5-16.
- PRINZ, P., 1985. Stratigraphie und ammoniten fauna der Pucara gruppe (Obertrias –unterjura) von nord Peru. *Stuttgart*, 1985. *Paleontographica Abt. A. Bd 188* fg. 4-6 Mai. Pp 153 – 197.

- REGUANT S. y ORTIZ R., 2001. Guía Estratigráfica Internacional. Versión Abreviada. Editores. Revista de la Sociedad Geológica Española, Vol 14(3-4). Diciembre pp 271 – 293.
- REYES R.; L. 1980. Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. Boletín N° 31. serie A. Carta Geológica Nacional. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Lima.
- ROLLINSON H., R., 1993. Using Geochemical Data: evaluation, presentation, interpretation. Longman Geochemistry Series. Printed in Singapore.
- SÁNCHEZ F., AGAPITO, 1995. Geología de los Cuadrángulos de Bagua Grande, Jumbilla, Lonya Grande, Chachapoyas, Rioja, Leimebamba y Bolívar. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Boletín N° 56 serie A: Carta Geológica Nacional. Lima – Perú.
- SCHREIBER D. W., FONTBOTÉ L., AND LOCHMANN D., 1990. Geologic Setting, Paragenesis, and Physicochemistry of Gold Quartz Veins Hosted by Plutonic Rocks in the Pataz Region. Economic Geology Vol. 85, pp. 1328 – 1347.
- SILLITOE, R. H., AND THOMPSON, J. F. H., 1998. Intrusion – related vein gold deposits: types, tectono-magmatic settings and difficulties of distinction from orogenic gold deposits: Resource Geology, v. 48. p. 237 – 250.
- STEIMANN G., 1930. Geología del Perú. Ed. Heidelberg
- STEINMÜLLER, KLAUS, 1999. Depósitos Metálicos en el Perú: su metalogenia, sus modelos, su exploración y el medio ambiente. INGEMMET, Lima.
- STRECKEISEN, A., 1976. To each plutonic rocks its proper name, Earth Sciences Reviews, vol 12 pp 1- 33.
- TAFUR, I., 1950. Nota preliminar sobre la Geología de Cajamarca. Tesis doctoral. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima.
- TARNAWIESCKI M., C., 1926. Geografía Económica y Geografía Minera de la Provincia de Pataz. Boletín de la Sociedad Geográfica de Lima, Tomo XLIII, trimestre 2 y 3.
- VIDAL, C. E., PAREDES, J., MACFARLANE A. W., TOSDAL R. M., (1995) Geología y Metalogenia del distrito minero Parcoy, provincia aurífera de Pataz, La Libertad. Sociedad Geológica del Perú, volumen jubilar A. Benavides, v. 132, p.351 – 377.
- WILSON, J.J., 1963. Cretaceous Stratigraphy of Central Peru. AAPG. Geol.. Bull. Vol 47 N° 1.
- WILSON J., REYES L., 1964. Geología del Cuadrángulo de Pataz. Comisión Carta Geológica Nacional, Boletín N° 9 serie A, Lima – Perú.
- WILSON J., REYES., L., y GARAYAR, J., 1967. Geología de los cuadrángulos de Mollebamba, Tayabamba, Huaylas, Pomabamba, Carhuaz y Huari. Servicio de Geología y Minería, Boletín N° 16. Lima.
- WILSON M., 1989. Igneous Petrogenesis. Unwin Hyman, London
- YPARRAGUIRRE, J. A. 2005., Secuencias Paragenéticas, alteraciones hidrotermales e inclusiones fluidas de la Veta Bienaventurada, Huachocolpa, Huancavelica, Tesis Universidad Mayor de San Marcos

ZAPATA A., ROSELL W., SANCHEZ A., ALDANA M., 2004 División del Grupo Ambo en su localidad Tipo (Tournaisiano – Viséano). Resúmenes Extendidos. XII Congreso Peruano de Geología. Sociedad Geológica del Perú, Publicación Especial N° 6. pp 560 – 563.

Anexo N° 1 Lista de Muestras

N° Muestra	Coordenadas UTM		Altitud	Lugar	Unidad	Descripción	Mineralogía	Sección D.	Sección P.	Geoquímica	Inclusión F.	Datación	S. Magnética (SI)
	Norte	Este											
TBT - 01	9217199	179272	2776	Corte en Camino, Poña,		Intrusivo, grano medio	cz, PGLs, FPs, bt					X	
TBT - 02	9216334	179118	2871	Camino Poña a Lavador	C. Marañón	Gneis banceado gr. Medio	cz, PGLs, mus, bt	X					
TBT - 03	9215012	179085	2628	Camino al NO de Lavador	Veta Lavador	Veta de cuarzo	cz, Oxs			X			
TBT - 04	9215012	179085	2628	Camino al NO de Lavador	Veta Lavador	Veta de cuarzo	cz, Oxs		X				
TBT - 05	9215021	179066	2605	Galería en veta	Veta Lavador	Veta de cuarzo	cz, Oxs			X			
TBT - 05 A	9215021	179066	2605	Galería en veta	Veta Lavador	Veta de cuarzo	cz, Oxs		X				
TBT - 06	9215021	179066	2605	Cortada a galería	Caja techo	Intrusivo, grano medio	Cz, PGLs, FPs, bt, hor	X					0.21423
TBT - 07	9215238	179100	2640	Camino al NO de Lavador	dique	Intrusivo porfirítico	PGLs, FPs, cz, bt	X					
TBT - 08	9215534	178722	2629	Sector NO de Lavador	Veta	Veta de cuarzo	cz, cc, LMs, CBs Cu	X					
TBT - 09	9215468	178849	2648	Sector NO de Lavador	Intrusivo	grano medio,	PGLs, FPs, cz, bt, hor	X					0.21201
TBT - 10	9216371	179315	2728	Camino Poña a Ingenio	C. Marañón	meta arenisca	cz,	X					
TBT - 11	9216299	179288	2728	Camino Poña a Ingenio	C. Marañón	Gneis banceado gr. Medio	cz, FPs, MCs	X					
TBT - 12	9216155	179326	2703	Camino Poña a Ingenio	C. Marañón	Esquistos con bandas	cz, MCs, FPs	X					
TBT - 13	9216119	179323	2694	Camino Poña a Ingenio	C. Marañón	Xenolito roca afanítica		X					0.43435
TBT - 14	9215951	179323	2677	Camino Poña a Ingenio	C. Marañón	Metavolc. verde, afanítico		X		X			
TBT - 15	9215477	179496	2646	Camino Poña a Ingenio	Veta	Veta de cuarzo	cz, Oxs,			X			
TBT - 15 A	9215477	179496	2646	Camino Poña a Ingenio	Veta	Veta de cuarzo	cz, Oxs,				X		
TBT - 16	9215217	179541	2542	Camino Poña a Ingenio	Dique	Granito con epidota	cz, FPs, PGLs, MFs	X					
TBT - 17	9214909	179582	2497	Camino Poña a Ingenio	Intrusivo	Intrusivo grano medio	PGLs, cz, FPs, MFs	X					4.522
TBT - 18	9214786	179678	2490	Camino Poña a Ingenio	Veta	Veta de cuarzo	cz, LMs, Oxs, hm			X			
TBT - 19	9217858	178287	2720	Camino Poña Cerro Minas	C. Marañón	Gneis banceado, gr. Medio	cz, PGLs, MCs	X					
TBT - 20	9216647	177645	2509	Campamento Minas	Veta	Veta de cuarzo	cz, LMs, Oxs			X			
TBT - 20 A	9216647	177645	2509	Campamento Minas	Alteración	Roca caja alterada	mus, cz, PGLs,					X	
TBT - 20 B	9216647	177645	2509	Campamento Minas	Caja techo/P	Roca caja alterada	cz, PGLs, MFs,	X					0.43428
TBT - 20 C	9216647	177645	2509	Campamento Minas	Veta	Veta de cuarzo	cz, LMs, Oxs, hm				X		
TBT - 20 D	9216647	177645	2509	Campamento Minas	aplita	aplita asociada a veta	cz, FPs, MCs.	X					0.03094

N° Muestra	Coordenadas UTM		Altitud	Lugar	Unidad	Descripción	Mineralogía	Sección D.	Sección P.	Geoquímica	Inclusión F.	Datación	S. Magnética (SI)
	Norte	Este											
TBT - 21	9216640	177550	2505	Campamento Minas	veta	veta de cuarzo occidental	cz, LMs, Oxs, hm			X			
TBT - 22	9216671	177704	2505	Campamento Minas	Roca caja	Intrusivo grano medio	PGLs, cz, hor, bt,					X	0.336
TBT - 23	9216542	177735	2405	Campamento Minas	veta	veta de cuarzo y óxidos	cz, Oxs,			X			
TBT - 24	9229406	169216	996	Valle Huanabamba	C. Marañón	greis gr. Medio, granítico	cz, FPs, MGS,	X					
TBT - 25	9229233	169024	981	Valle Huanabamba	Intrusivo	roca granítica, gr. Medio	PGLs, cz, hor, bt,	X				X	0.34632
TBT - 26	9229146	170006	976	Valle Huanabamba	C. Marañón	greis bandeado gr. Medio	cz, FPs, MGS, bi, hor	X				X	
TBT - 27	9226500	174810	1620	NO de San Vicente	Intrusivo	Intrusivo grano medio a gr.	cz, FPs, PGLs, MFs	X					0.14022
TBT - 28	9226318	175240	1575	NO de San Vicente	Dique	granito medio a fino rosado	FPs, cz, MFs, PGLs	X					0.6069
TBT - 29	9203372	193392	1361	Yunguilla, Chalabamba	Veta	veta de cuarzo	cz, Oxs, py,			X			
TBT - 30	9203372	193392	1361	Yunguilla, Chalabamba	Veta	veta de cuarzo	cz, Oxs, py,				X		
TBT - 31	9203372	193392	1361	Yunguilla, Chalabamba	Roca caja	roca silicificada	cz, ARCS,	X		X			
TBT - 32	9201857	193890	2730	Sector Shalcapata	veta	veta de cuarzo y óxidos	cz, Oxs, py,			X			
TBT - 33	9201770	194795	2648	Molinete Shalcapata	Intrusivo	rosado grano medio a fino	FPs, cz, MFs, PGLs	X		X			
TBT - 34	9202903	194255	2658	Molinete - Chinchin	Veta	veta de cuarzo en pelitas	cz, Oxs,			X			
TBT - 35	9218758	181408	3715	Yanaccaca	veta	trinchera en calizas				X			
TBT - 36 A	9228868	177233	2665	Río Chacahuayo	Gr. Mito	brecha con clastos calizas		X					
TBT - 36 B	9228868	177233	2665	Río Chacahuayo	Gr. Mito	brecha con clastos volcáni		X					
TBT - 37	9228907	173540	1340	Valle Huanabamba	Intrusivo	Intrusivo grano medio	PGLs, cz, FPs, hor, bt					X	
TBT - 38	9229278	173940	1353	Valle Huanabamba	Intrusivo	grano fino, mesócrata	PGLs, cz, hor, bt	X					
TBT - 39	9237938	168462	1152	Carretera Saumate- Balsas	Dique	granito grano medio en	FPs, cz, PGLs, MFs	X					
TBT - 40	9256066	173217	2910	Este de cerro Chone	veta Mónica	veta de cuarzo en granítica	cz, Oxs,			X			
TBT - 41	9256066	173217	2910	Este de cerro Chone	veta Mónica	veta de cuarzo en granítica	cz, Oxs,			X			
TBT - 41 A	9256066	173217	2910	Este de cerro Chone	veta Mónica	veta de cuarzo en granítica	cz, Oxs,				X		
TBT - 41 B	9256066	173217	2910	Este de cerro Chone	veta Mónica	veta de cuarzo en granítica	cz, Oxs,		X				
TBT - 42	9256066	173217	2910	Este de cerro Chone	veta Mónica	veta de cuarzo en granítica	cz, Oxs, mus					X	
TBT - 43	9255877	173305	2871	Este de cerro Chone	Intrusivo	grano medio, mesócrata	PLGs, cz, FPs, hor, bt	X				X	0.87675
TBT - 44	9253593	172308	2412	Cerro Chone	veta Marleni	veta de cuarzo en granítica	cz, Oxs			X			
TBT - 45 A	9253593	172308	2412	Cerro Chone	caja techo	roca granítica fracturada	PLGs, cz, FPs, hor, bt	X					
TBT - 45 B	9253593	172308	2412	Cerro Chone	caja piso	dique grano fino, fracturado	PLGs, MFs, cz	X					
TBT - 46	9253297	171894	2248	oeste de cerro Chone	veta Regina	veta de cuarzo en granítica	cz, Oxs,			X			
TBT - 47	9253297	171894	2248	oeste de cerro Chone	dique	afanítico en piso de veta	PLGs, MFs, cz	X					
TBT - 48	9253150	171720	2087	oeste de cerro Chone	caja piso	Intrusivo grano medio	PGLs, cz, FPs, hor, bt	X					0.51108

N° Muestra	Coordenadas UTM		Altitud	Lugar	Unidad	Descripción	Mineralogía	Sección D.	Sección P.	Geoquímica	Inclusión F.	Datación	S. Magnética (SI)
	Norte	Este											
TBT - 49	9253013	171595	1990	oeste de cerro Chone	veta Melva	veta de cuarzo en granítica	cz, Oxs			X			
TBT - 50	9253013	171595	1990	oeste de cerro Chone	veta Melva	veta de cuarzo en granítica	cz				X		
TBT - 51	9253038	171721	2004	camino a Minas	veta Granada	veta de cuarzo en granítica	cz, Oxs			X			
TBT - 52	9253038	171721	2004	camino a Minas	roca caja	Intrusivo grano medio	PGLs, cz, mus, hor,	X				X	
TBT - 53	9257288	173323	3096	Qda. Pinshocucho	veta Fabela	veta de cuarzo en granítica	cz, Oxs			X			
TBT - 54	9257288	173323	3096	Qda. Pinshocucho	veta Fabela	veta de cuarzo en granítica	cz, Oxs		X				
TBT - 55	9257430	173707	3129	Qda. Pinshocucho	veta Antcna	veta de cuarzo en granítica	cz, Oxs			X			
TBT - 56	9257283	173980	3062	Qda. Pinshocucho	veta Antcna	veta de cuarzo en granítica	cz, Oxs			X			
TBT - 57	9257283	173980	3062	Qda. Pinshocucho	roca caja	Intrusivo grano medio	PGLs, cz, FPs, hor, bt	X					0.24252
TBT - 57 A	9257283	173980	3062	Qda. Pinshocucho	dique	afanítico, color verdoso	PGLs, MFs, cz	X					0.18426
TBT - 57 B	9257283	173980	3062	Qda. Pinshocucho	veta	veta de cuarzo en granítica	cz, Oxs				X		
TBT - 58	9256575	176675	2380	Qda. Longote	Contaya?	pizarra con pirita	py.	X					
TBT - 59	9256575	176675	2380	Qda. Longote	Complejo	roca intrusiva máfica	PGLs, ANFs	X					0.99246
TBT - 60	9256426	176459	2362	Qda. Longote	dique	leucocrata en pizarras	cz, FPs, PGLs, py	X					0.15972
TBT - 61	9256032	176355	2317	Qda. Longote	Volcánica	verdosa, afanítica		X					
TBT - 62	9256384	176012	2251	Qda. Longote	Volcánica	verdosa, afanítica		X					
TBT - 63	9254522	175584	2237	Qda. Longote	Intrusivo	roca granítica, gr. Medio	FPs, cz, PGLs, Bt, mus?	X					0.1254
TBT - 64	9255107	175524	2227	Qda. Longote	Intrusivo	mesocrata, grano medio	PGLs, cz, FPs, hor, bt	X					0.22848
TBT - 65	9253447	174397	1980	Oeste de Minas	Intrusivo	grano medio, mesocrata	PGLs, cz, FPs, hor, bt					X	2.838
TBT - 66	9252490	174013	1919	Oeste de Minas	Intrusivo	grano medio, mesocrata	PGLs, cz, FPs, hor, bt					X	0.82236
TBT - 67	9253676	175551	2421	cerro Huangali	Intrusivo	grano medio, mesocrata	FPs, cz, PGLs, Bt, mus?	X					28.416
TBT - 68	9241613	825590	1494	carretera Balsas - Celendín	Xenolito	grano medio, leucocrata	PGLs, hor	X					
TBT - 69	9241471	825902	1476	carretera Balsas - Celendín	Xenolito	grano medio, mesocrata	PGLs, hor	X					0.3552
TBT - 70	9241162	826286	1360	carretera Balsas - Celendín	Intrusivo	grano medio,	FPs, cz, PGLs, bt, hor					X	0.3507
TBT - 71	9244511	830274	881	NE de Balsas	C. Marañón	roca bandeada, gris	cz, MOs, FPs,	X					
TBT - 72	9242039	172123	1812	carr. Chacanto-Saullamur	Intrusivo	granito rojo, grano medio	FPs, cz, PLGs, MFs	X					0.56525
TBT - 73	9242633	828276	913	Chacanto									
TBT - 74	9242378	828202	878	Chacanto									
TBT - 75	9248017	174693	2176	Chanchillo	veta	veta de cuarzo, óxidos	cz, py,			X			
TBT - 76	9248017	174693	2776	Chanchillo	roca caja	roca caja silicificada	cz, py, MFs	X					
TBT - 77	9248671	174933	2827	Chanchillo	veta	veta de cuarzo, óxidos Cu	cz, py, calcopirita				X		
TBT - 78	9248671	174933	2827	Chanchillo	volcánica	roca afanítica, vesicular		X					

N° Muestra	Coordenadas UTM		Altitud	Lugar	Unidad	Descripción	Mineralogía	Sección D.	Sección P.	Geoquímica	Inclusión F.	Datación	S. Magnética (SI)
	Norte	Este											
TBT - 79	9274524	175616	3437	Qda. Pampahuayco	veta	veta de cuarzo	cz, py.			X			
TBT - 79 A	9274524	175616	3437	Qda. Pampahuayco	veta	veta de cuarzo	cz, py.				X		
TBT - 80	9268813	177746	3001	El Reo, OSO Sto. Tomas	veta	veta de cuarzo	cz, py.			X			
TBT - 80 A	9268813	177746	3001	El Reo, OSO Sto. Tomas	veta	veta de cuarzo	cz		X				
TBT - 80 B	9268813	177746	3001	El Reo, OSO Sto. Tomas	veta	veta de cuarzo	cz,				X		
TBT - 80 C	9268813	177746	3001	El Reo, OSO Sto. Tomas	C. Marañon	esquistos	cz	X					0.69853
TBT - 80 D	9268813	177746	3001	El Reo, OSO Sto. Tomas	dique	intrusivo verdoso, grano fino		X					
TBT - 81	9269945	180934	2692	camino al Reo	Intrusivo	grano medio,	PGLs, cz, FPs, hor, bt	X					0.28536
TBT - 82	9267382	177707	3483	Sto. Tomas - Pircapampa	veta	veta de cuarzo en metamor	cz, Oxs			X			
TBT - 83	9267268	177344	3494	Sto. Tomas - Pircapampa	Intrusivo	roca máfica, anisotrópica	MFs, PGLs,	X					0.50932
TBT - 84	9267450	174055	3326	Bajada a Pircapampa	Intrusivo	grano medio,	PGLs, cz, FPs, hor, bt	X					0.31773
TBT - 85	9261469	830470	1420	Pircapampa - Tuen	Intrusivo	granito rojo, grano medio	FPs, cz, PGLs, MFs,	X					0.76245
TBT - 86	9261383	830440	1244	Pircapampa - Tuen	Intrusivo	grano medio, leucocrata	PGLs, cz, FPs, hor, bt	X					
TBT - 86 A	9261383	830440	1244	Pircapampa - Tuen	Intrusivo	grano medio, leucocrata	PGLs, cz, FPs, hor, bt				X		0.18618
TBT - 87	9252147	828134	1250	Tuen - Balsas	C. Marañon	esquistos verdosos	PGLs, cz, MCs	X					
TBT - 88	9249840	829354	865	Tuen - Balsas	C. Marañon	roca intrusiva con foliación	PGLs, cz, MFs	X					0.2838
TBT - 89	9249641	829386	846	Tuen - Balsas	C. Marañon	roca intrusiva con foliación	PGLs, cz, MFs				X		0.45399
TBT - 90	9247332	829322	866	Tuen - Balsas	C. Marañon	vetas de cuarzo	cz, Cxs			X			
TBT - 91	9247332	829240	878	Tuen - Balsas	C. Marañon	esquistos verde	MCs, cz	X					
TBT - 92	9246570	829833	882	Tuen - Balsas	C. Marañon	vetas de cuarzo	cz, MCs			X			
TBT - 93	9245960	829915	972	Tuen - Balsas	C. Marañon	veta de cuarzo	cz,			X			
TBT - 93 A	9245960	829915	972	Tuen - Balsas	C. Marañon	veta de cuarzo	cz				X		
TBT - 93 B	9245960	829915	972	Tuen - Balsas	C. Marañon	roca metamórfica	cz, MCs,	X					
TBT - 94	9245227	829757	878	Tuen - Balsas	dique	afita, leucocrata	cz, FPs, MCs,	X					0.05289

Lista de muestras adicionales

N° Muestra	Coordenadas UTM		Lugar	Unidad	Descripción	Mineralogía	S. Magnética
	Norte	Este					
BT - 140	9181899	202132	Sichaya a Quichue	Yalen	Granito grano medio	cz: 25 - 30%, FPs: 35 - 40, PGLs: 15 - 20, MCs: 7	
BT - 142	9189235	203815	Los Alisos	Los Alisos	Granodiorita	cz: 25, PGLs: 35, FPs: 25 bt. 10, hor: 5	
BT - 143	9186910	204739	Río Chonerel	Los Alisos	Granodiorita	cz: 25-30, PGLs: 30-35, FPs: 25, bt. 10, hor: 5	
BT - 144	9192756	208400	Callangate - Chirmaycaja	Callangate	Monzogranitic	cz: 30, PGLs: 35, FPs: 20 bt. 10, hor: 3	
BT - 145	9193400	208740	sector Este Chirmaycaja	Callangate	Granodiorita	cz: 25-30, FPs: 25, PGLs: 30, bt. 10, ANFs: 5	
BT - 146	9178484	206873	Al S de Qda. Los Muertos	Chacanto	Monzogranitic	cz: 30, FPs: 45-50, PLGs: 15-20, MFs: 6	
BT - 147	9184593	209674	Qda. Del Zorro	Callangate	Granodiorita	cz: 30, PGLs: 35, FPs: 20 bt. 8, hor: 7	
BT - 148	9193196	208605	Divisoria Chirimoya Caja	Callangate	Monzogranitic	cz: 25, PGLs: 40, FPs: 25 MFs: 10	
BT - 149	9193751	208897	Divisoria Chirimoya Caja	Callangate	Monzogranitic	cz: 20, PGLs: 30, FPs: 25 MFs: 20	
BT - 150	9193438	208680	Divisoria Chirimoya Caja	Callangate	Monzogranitic	cz: 25-30, PGLs: 25-30, FPs: 25 - 30, bt. 6 ANFs: 4	
BT - 151	919500	208200	Qda. Tubaybal	Callangate	Monzogranitic	cz: 25, PGLs: 25, FPs: 35, bt. 6, hor: 4	
BT - 152	9202428	204536	Huequera Piorron	Chacanto	Senogranito		c. 19397
BT - 153	9194788	198773	Liliconga	Yalen	Senogranito	cz: 25-30, FPs: 35-40, PGLs: 20-15, MCs: 7	0.8441
BT - 154	9194522	198581	Cerro Liciconga	Los Alisos	Granodiorita		2.599
BT - 155	9192078	197883	Cerro Portachuelo	Los Alisos			6.976
BT - 156	9190652	197029	Cerro Portachuelo	Los Alisos?	Tonalita	cz: 25-30, PGLs: 35, FPs: 20, bt. 10	0.27798
BT - 157	9189654	196810	Cerro Portachuelo	Yalen	Monzogranitic	cz: 20 - 25, FPs 35 - 40, PGLs: 25, MFs: 8	4.797
BT - 158	9187820	195294	Naciente Qda. San Miguel	Chacanto	Senogranito	cz: 25 - 30, FPs 35 - 40, PGLs: 20, bt. 10	0.41088
BT - 159	9187130	195250	Naciente Qda. San Miguel	Los Alisos?	Granodiorita	cz: 20, PGLs: 50, MFs: 18:	0.22755
BT - 160	9187050	195200	Naciente Qda. San Miguel	Yalen	Monzogranitic	cz: 25 - 30, FPs: 20 - 25, PGLs: 30 - 35	0.7788
BT - 161	9192412	192764	San Antonio - Machuncha	Chacanto	Senogranito	cz: 30 - 35, FPs: 40, PGLs: 20, bt. 5	3.696
BT - 162	9195054	193186	Machuncha - Corralen		riodactita	cz: FPs, PGLs	0.25521
BT - 163	9199044	199978	Corralen - Mallaca Chico	Yalen	Monzogranitic	cz: 30 - 35, FPs: 25, PGLs: 30, MFs: 10	0.99015
BT - 164	9203236	192123	Mallaca Chico	Yalen	Monzogranitic	cz: 32, FPs: 30 PGLs: 30 MFs: 7	14.145
BT - 165	9204685	189960	Yalen	Yalen	Monzogranitic		0.861
BT - 166	9204200	189110	Yalen		Diorita		0.48954
BT - 167	9210862	180565	Jecumbuy - Las Pircas	Lavasen	Dacita	cz, PGLs, MFs	0.39336
BT - 168	9213369	180356	Las Pircas - Poña	Lavasen	Dacita	cz, PGLs, MFs	0.38499
BT - 169	9214707	179767	Fila Lavador	Lavasen?	Andesita	PGLs, MFs	0.26565
BT - 170	9215222	179887	Las Pircas - Poña	Lavador	Granodiorita		5.543
BT - 171	9205833	195933	Enaben - Chalabamba	Enaben	Monzogranitic		59.268

N° Muestra	COORDENADAS UTM		Lugar	Unidad	Descripción	Mineralogía	S. Magnética
	Norte	Este					
BT - 172	9206797	196919	Enaben		cz-monzodiorita, híbrida	PGLs:45 - 50, cz: 10, FPs: 10, hor: 20, bt: 15	20.664
BT - 173	9206000	195928	Enaben - Chalabamba	Enaben	Monzogranito	cz: 25, FPs: 20, PGLs: 25 bt: 15, hor: 15	2.706
BT - 174	9205716	196040	Enaben - Chalabamba	xenolito	Monzogranito	Cz: 20, FPs: 30, PGLs: 30 bt: 15, hor: 5	93.265
BT - 175	9203601	199146	Yarnalen - Enaben	Lavasen	Riodacita		0.253
BT - 176	9227931	173878	Huanabamba	Balsas	Granodiorita		0.70848
BT - 177	9227980	173870	Huanabamba	Chacanto	Monzogranito	cz: 25, PGLs: 35, FPs: 25 bt: 6	0.03795
BT - 178	9229790	168896	Norte de Huanabamba	Balsas	Granodiorita		0.15676
BT - 179	9237052	168741	Saumate - Chacanto	Balsas	Granodiorita		
BT - 180	9242105	830074	Sur de Chacanto	Chacanto	Senogranito		
BT - 181	9242932	169236	Homopampa - Saullamur	Balsas	Tonalita		
BT - 182	9248345	174654	Abra Chanchillo	Lavasen	Dacita ?	PGLs, FPs, cz, MFs	
BT - 183	9248004	174684	Abra Chanchillo	Lavasen	Dacita ?	PGLs, FPs, cz	0.45339
BT - 184	9242122	172689	Cerro siele pozas	Chacanto	Senogranito	FPs: 50, cz: 30, PGLs: 20, MFs: 5	0.07253
BT - 185	9242096	172100	Cerro siele pozas	A. Chanchillo	Monzogranito	cz: 30, FPs: 25-30, PGLs: 25-30, bt:10, hor: 5	
BT - 186	9229017	170488	Huanabamba		Monzogranito, híbrida	cz:32, FPs: 20, PGLs: 20, bt:20, mus: 5	0.19635
BT - 187	9229017	170488	Huanabamba		Roca híbrida		0.50932
BT - 188	9229017	179488	Huanabamba		Roca híbrida		
BT - 189	9237200	172600	C° San Miguel - Jahuay	A. Chanchillo	Senogranito	FPs: 45-50, PGLs: 25, cz: 25, MFs: 10	16.585
BT - 190	9252500	174000	Extremo NO Huangali	Gollón	Granodiorita	PGLs: 35, FPs:20-25, cz:25, bt:15	0.27861
BT - 191	9252000	175050	Extremo Sur C° Huangali	Gollón	Tonalita	PGLs: 35, FPs:25, cz:20, bt:8, ori: 7	0.54859
BT - 192	9250250	175100	Tazajera llabamba	A. Chanchillo	Granito		0.09877
BT - 193	9250100	172000	C° Aliso - C° Cumbrecilla		Microdiorita	PGLs: 45-50, MFs:35, cz:10	0.38675
BT - 194	9250000	171000	C° Aliso - C° Cumbrecilla	Gollón	Tonalita	PGLs: 35, cz:35, FPs: 8, bt:10, hor:10	0.1827
BT - 195	9241899	184046	Nacientes del río Tingo	Tingo Grande	Granodiorita-Tonalita		
CMA-48	9253591	180822	Sur de Abra Barro Negro		Andesita - basáltica	PXs, PGLs, ANFs	75.924
CMA-49	9253504	180800	Sur de Abra Barro Negro		Diabasa	PXs, PGLs	0.67116
CMA-50	8248577	474481	Abra Chanchillo	A. Chanchillo	Monzogranito	cz: 25-30, FPs: 25-30, PGLs: 20-25, bt: 8, hor: 7	80.697
CMA-51	9242950	169726	Homopampa - Saullamur	Balsas	Tonalita	PGLs: 35-40, cz: 20-25, FPs: 15, bt: 8, hor: 7	0.2772
CMA-52	9243188	168633	Homopampa - Saullamur		Esquisto	cz, ANFs, PXs, PGLs	37.851
CMA-53	9243337	168300	Homopampa - Saullamur		Esquisto	cz, ANFs	0.12138
CMA-54	9242326	168309	Homopampa - Saullamur		Tonalita, híbrida	PGLs: 35-40, cz: 25, FPs: 15, bt: 10, hor: 5	36.852
CMA-55	9234811	168623	Sur de Saumate		gneis	cz, FPs, bt, PGLs,	5.994
CMA-56	9228981	168708	Huanabamba		gneis	cz, PGLs, FPs, bt, CLOs	0.1239

Anexo N° 2 Análisis de elementos mayores de muestras del Batolito Gollón - Callangate

Codigo de Muestra	SiO2 %	Al2O3 %	TiO2 %	MnO %	Fe2O3 %	FeO %	CaO %	MgO %	K2O %	Na2O %	P2O5 %	H2O 105°C %	PxC
BT-140	68,4	14,5	0,3	0,08	0,95	2,74	1,4	1,39	3,09	4,2	0,21	0,34	1,84
BT-142	70,5	14,4	0,21	0,07	0,89	2,19	2,26	0,74	3,45	3,41	0,23	0,36	0,71
BT-145	68,8	13,4	0,43	0,14	3,27	0,96	2,02	1,88	3,88	3,03	0,18	0,4	0,97
BT-146	71,2	15,5	0,14	0,05	1,14	0,96	0,49	0,16	4,52	4,51	0,09	0,32	0,38
BT-148	67,9	14,2	0,42	0,09	4,43	0,27	2,36	1,22	3,39	3,44	0,2	0,38	1
BT-152	72,1	13,9	0,1	0,04	0,89	0,75	0,75	0,33	5,21	3,82	0,09	0,2	0,79
BT-153	70	14	0,2	0,54	1,41	1,06	3,78	0,67	1,06	4,37	0,17	0,41	1,86
BT-154	69,6	14,6	0,28	0,06	1,59	1,62	2,6	0,64	3,62	3,76	0,48	0,15	0,65
BT-155	70,6	15,3	0,28	0,08	1,74	1,62	1,09	0,68	3,22	3,92	0,66	0,16	0,36
BT-156	59,3	19	0,45	0,06	1,75	2,18	6,5	1,11	3,04	3,35	0,62	0,28	0,48
BT-157	71,7	14,1	0,17	0,04	1,7	0,5	1,7	0,31	3,85	4,14	0,23	0,36	0,5
BT-158	70,1	14,4	0,2	0,05	1,2	1,74	2,07	0,49	4,4	3,59	0,33	0,29	0
BT-159	55,8	19,5	0,74	0,13	2,45	2,8	7,41	2,65	2,29	3,3	0,89	0,33	1,28
BT-160	70,9	13,3	0,18	0,08	1,36	1,43	2,01	0,41	4,16	4,03	0,24	0,3	0,72
BT-161	73,5	12,8	0,13	0,04	0,84	0,93	1,03	0,27	4,83	3,35	0,18	0,16	0
BT-162	74,3	13,1	0,1	0,49	0,95	0,75	0,54	0,12	4,95	2,81	0,1	0,25	0
BT-163	68,1	14	0,5	0,1	2,83	1,68	1,3	1,3	4,34	3,06	0,76	0,46	1,39
BT-164	72,5	14,1	0,22	0,05	1,87	0,81	1,45	0,36	4,03	4,07	0,25	0,24	0
BT-165	71,1	13,5	0,18	0,07	1,39	1	2,06	0,43	4,32	3,8	0,3	0,33	0,88
BT-166	50,2	14,9	0,96	0,23	5,1	4,79	9,24	6,02	2,23	2	2,12	0,19	1,37
BT-167	62,1	15	0,57	0,15	3,04	3,75	4,37	2,43	2,48	3,01	1,05	0,12	1,54
BT-168	66,6	15,7	0,44	0,09	2,23	2,05	3,75	1,47	2,84	3,05	0,65	0,2	0,53
BT-169	59,2	15,6	0,69	0,13	3,29	2,8	5,96	3,89	2,65	2,56	0,1	0,59	2,22
BT-170	63,2	13,5	0,67	0,14	3,94	3,36	5,36	3,03	2,86	2,64	0,16	0,14	0
BT-171	66,6	14,4	0,4	0,08	2,59	1,37	3,58	1,5	4,37	2,86	0,16	0,18	0,11
BT-172	54,2	15	1,12	0,22	5,41	3,92	7,42	5,22	2,5	3,25	0,3	0,37	0,51
BT-173	61,7	14,1	0,63	0,12	3,36	2,37	3,75	2,63	4,03	2,8	0,23	0,56	1,91
BT-174	59,6	15,6	0,79	0,2	5,64	1,87	4,5	2,91	4,5	3,24	0,26	0,24	0
BT-175	67,1	14,8	0,49	0,09	2,38	2,18	1,85	1,51	4,5	3,24	0,09	0,54	0,7
BT-176	60,5	13,3	1,02	0,2	4,61	4,17	6,22	3,81	2,29	2,47	0,3	0,28	0,12
BT-177	73,6	13,1	0,1	0,14	1,03	0,62	1,9	0,17	4,33	3,79	0,05	0,26	0,46
BT-178	69	14,4	0,51	0,08	2,75	1,68	5,01	1,33	1,47	3,2	0,18	0,13	0
BT-179	70,1	13,4	0,27	0,06	3,12	1,44	3,02	0,76	4,25	2,86	0,06	0,28	0,28
BT-180	74,2	12,8	<0,02	0,04	1,27	0,62	1,91	0,09	5,24	3,34	0,01	0,21	0,3
BT-181	61,9	14,8	0,59	0,12	2,7	3,15	4,87	2,18	2,97	3,22	0,15	0,42	0,92
BT-182	63,7	14,8	0,53	0,07	2,57	2,61	2,32	3,28	3,29	3,3	0,09	0,47	2,1
BT-183	62,1	14,6	0,8	0,08	3,14	3,57	0,93	5,01	2,93	3,27	0,13	0,4	2,67
BT-184	67,2	13,4	0,28	0,07	3,26	0,27	2,98	0,6	4,34	3,43	0,08	0,36	3,46
BT-185	65,3	15,3	0,47	0,07	2,97	1,03	4,07	1,41	3,92	3,12	0,09	0,29	1,74
BT-186	67,2	15,8	0,61	0,06	1	2,95	1,53	1,96	4,14	2,61	0,09	0,29	1,25
BT-187	48,2	17,3	0,94	0,19	2,84	6,45	11	6,72	1,36	2,19	0,03	0,26	1,59
BT-188	48,5	13,7	1,2	0,24	3,31	7,82	10,9	8,58	1,48	1,32	0,02	0,17	1,78
BT-189	71	13,1	0,22	0,04	1,28	1,1	2,6	0,74	3,94	3,66	0,05	0,41	1,29
BT-190	61	15,1	0,7	0,13	1,53	2,47	6,9	2,07	3,39	3	0,2	0,41	2,64
BT-191	63	16,4	0,45	0,09	2,69	2,13	4,8	1,86	3,36	3,41	0,11	0,24	1,18
BT-192	50,8	12,9	0,38	0,26	0,92	1,44	15	0,91	4,27	3,35	0,08	0,42	8,96

Codigo de Muestra	SiO2 %	Al2O3 %	TiO2 %	MnO %	Fe2O3 %	FeO %	CaO %	MgO %	K2O %	Na2O %	P2O5 %	H2O 105°C %	PxC
BT-193	55,9	17,5	0,69	0,13	2,33	4,25	4,65	4,36	2,79	3,76	0,13	0,4	2,55
BT-194	64	15,1	0,45	0,11	1,5	3,22	4,16	2,61	3,45	3,13	0,03	0,31	1,07
BT-195	64,7	14,8	0,53	0,1	2,42	2,47	4,5	1,94	3,84	3,15	0,17	0,21	0,27
CMA-49	46,5	15,9	0,97	0,2	3,7	8,3	10,9	7,01	0,55	1,91	0,29	0,48	2,64
CMA-54	68	13,4	0,41	0,11	2,04	2,54	3,28	1,64	3,06	2,79	0,28	0,2	1,75
TBT-09	67,1	14,9	0,47	0,09	4,53		3,11	1,93	3,04	3,1	0,09		1,6
TBT-14	48,9	15,6	1,54	0,2	12,2		8,72	6,55	1,26	3,21	0,15		1,05
TBT-17	64,4	15,1	0,54	0,09	5,47		4,63	2,2	2,88	3,08	0,1		1,7
TBT-22	58,8	16,6	0,77	0,13	7,11		5,59	3,27	2,45	3,03	0,15		1,95
TBT-25	60,1	16	0,85	0,12	7,49		6,16	2,92	1,8	2,94	0,19		1,15
TBT-28	73,6	13,1	0,17	0,03	1,93		0,89	0,54	4,84	3,89	0,05		1,1
TBT-33	71	13,8	0,33	0,08	3,8		1,04	0,69	3,38	4,59	0,07		1,1
TBT-37	60,5	16,6	0,77	0,12	6,7		5,54	2,79	2,22	3,21	0,17		1,4
TBT-43	60,4	16,5	0,74	0,12	6,5		5,12	2,77	2,91	3,09	0,16		1,45
TBT-62	48,7	14,4	1,86	0,26	13		9,53	6,45	1,01	2,52	0,21		1
TBT-64	61,9	14,9	0,61	0,11	6,07		4,11	5,14	2,19	2,82	0,1		1,95
TBT-66	63,3	15,9	0,68	0,1	5,71		4,66	2,39	2,84	3,08	0,14		1,35
TBT-67	68,6	14,4	0,45	0,07	3,97		2,89	1,76	3,43	3,05	0,08		0,9
TBT-70	63,4	15,8	0,71	0,1	6,11		5,18	2,36	2,36	3,11	0,15		0,85
TBT-72	67,5	15,2	0,41	0,06	3,77		4,06	1,17	3,28	3,11	0,08		1,4
TBT-86	66	15,6	0,55	0,1	5		3,29	2,29	2,68	2,9	0,14		1,1

Anexo N° 3 Análisis de elementos traza de rocas del batolito Gollón - Callangate

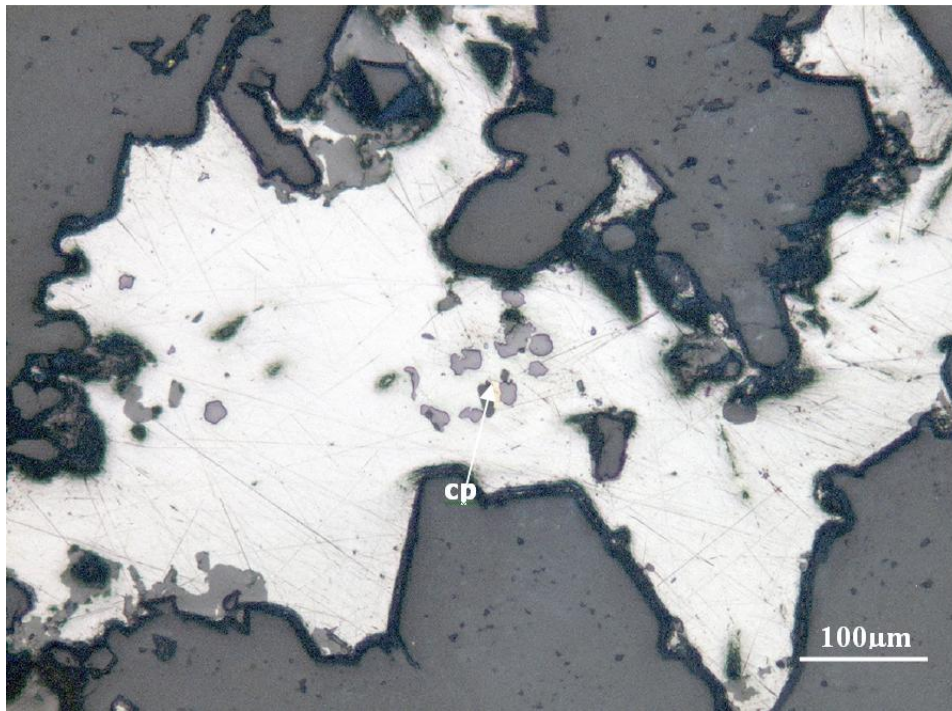
sample	Al	Ba	Be	Ca	Cr	Cu	Fe	K	Li	Mg	Mn	Ni	P	Sc	Sr	Ti	V	Zn	Zr	Ag	As	Bi	Cd	Ce
TBT-09	77900	595	5	21100	80	664	31000	24300	20	11300	710	5	300	14	170	2800	95	124	94	1	30	5.5	0.2	60.1
TBT-14	82900	202	5	60700	140	118	82500	9900	20	39100	1500	68	600	36	296	9100	320	98	82.2	1	30	0.2	0.2	20.6
TBT-17	77500	588	5	30500	80	18	36100	22500	20	12600	690	5	400	15	183	3100	109	63	101	1	30	0.3	0.2	51.9
TBT-22	88500	629	5	38700	70	17	49700	19600	30	19600	990	7	600	22	244	4500	172	80	68.6	1	30	<0.1	0.2	45.3
TBT-25	84500	569	5	41700	140	10	50800	14600	30	16700	920	8	800	21	201	5000	142	89	143	1	30	<0.1	0.2	43.5
TBT-28	67200	635	5	6000	130	5	12900	38800	10	2800	240	5	200	5	57.5	1000	18	16	71.5	1	30	<0.1	0.2	57.2
TBT-33	70700	606	5	6800	100	5	25300	26600	10	3600	580	5	300	13	92.2	1900	15	46	215	1	30	<0.1	0.2	119
TBT-37	88600	539	5	38300	90	9	46000	18600	30	16300	910	9	700	19	247	4600	131	78	181	1	30	0.1	0.2	54.1
TBT-43	88500	563	5	35800	90	5	45600	23600	30	16500	920	6	700	20	247	4400	138	82	130	1	30	<0.1	0.2	55.7
TBT-62	77400	205	5	67800	140	174	89700	8300	10	39100	1900	72	900	39	204	11000	364	109	126	1	30	<0.1	0.2	34
TBT-64	76700	740	5	27600	300	7	41000	16900	50	30300	820	37	400	21	158	3500	132	66	165	1	30	<0.1	0.2	58.2
TBT-66	83300	602	5	31600	70	6	39500	22400	40	14100	770	6	600	16	197	4000	113	68	111	1	30	<0.1	0.2	59.2
TBT-67	77700	639	5	20300	110	5	27900	28300	30	10500	550	6	400	10	141	2800	72	44	132	1	30	<0.1	0.2	66.9
TBT-70	83700	677	5	35500	100	5	42300	18400	30	13500	790	5	700	18	207	4300	119	73	155	1	30	<0.1	0.2	68.8
TBT-72	81000	714	5	28000	170	10	26000	26700	20	6600	450	5	300	10	143	2500	64	36	113	1	30	<0.1	0.2	58.6
TBT-86	80900	466	5	22100	150	5	33800	21800	50	13100	760	10	600	11	199	3200	81	61	64.9	1	30	0.1	0.2	29
D-TBT-09	78100	594	5	20900	90	649	31300	24100	20	11200	710	5	400	13	161	2800	95	126	101	1	30	5.3	0.2	59.1
D-TBT-67	76800	634	5	20500	120	5	27400	27900	30	10400	530	7	400	10	138	2700	72	44	135	1	30	<0.1	0.2	65.8

Co	Cs	Dy	Er	Eu	Ga	Gd	Ge	Hf	Ho	In	La	Lu	Mo	Nb	Nd	Pb	Pr	Rb	Sm	Sn	Ta	Tb	Th	Tl	Tm	U	W	Y	Yb
11	1.8	3.53	2.13	0.85	16	4.01	2	3	0.74	0.2	29.3	0.33	2	7	21.2	30	6.06	115	4.1	3	0.7	0.63	11.6	0.6	0.33	1.55	8	18.5	2
50.2	0.7	4.92	2.85	1.28	18	4.82	2	2	0.99	0.2	8.2	0.34	2	6	13.5	14	2.83	67.4	3.8	1	0.5	0.77	0.7	0.5	0.39	0.18	1	23.3	2.2
12.2	2.8	4.13	2.48	1.04	17	4.59	2	3	0.82	0.2	24.9	0.35	2	8	22	16	5.99	115	4.4	4	0.7	0.72	8.3	0.8	0.38	1.54	1	20.6	2.2
19	2.4	5.29	3.17	1.24	21	5.75	2	2	1.03	0.2	19.4	0.44	2	8	24.8	12	6.04	112	5.4	2	0.5	0.88	1.7	0.6	0.45	0.81	3	25.9	2.7
18.3	2.4	5.98	3.37	1.47	20	6.63	2	4	1.2	0.2	18.1	0.45	2	11	25.9	18	5.95	76.8	6.2	2	0.5	1.02	2.9	0.5	0.51	0.87	3	30	2.8
3.2	3.1	2.83	1.78	0.84	12	3.34	1	2	0.6	0.2	32.2	0.29	6	8	21.1	24	6.06	155	3.6	2	1	0.54	12.5	0.7	0.29	2.71	8	15.6	1.7
2.6	1.1	8.86	5.07	2.07	20	10.2	2	6	1.74	0.2	57.7	0.67	2	16	52.7	6	14.3	108	10.6	3	1	1.6	11	0.5	0.73	2.82	2	42.1	4.3
15.9	4.2	5.29	3.07	1.3	20	5.85	2	5	1.05	0.2	25.2	0.41	2	9	26.7	12	6.59	93.4	5.8	2	0.6	0.94	4.7	0.5	0.43	1.1	5	25.8	2.4
15.6	2.5	4.74	2.66	1.31	19	5.42	2	3	0.97	0.2	26.6	0.4	2	9	25	20	6.63	104	5.3	2	0.6	0.85	6.6	0.5	0.42	1.19	1	23.9	2.5
47	0.8	5.97	3.27	1.58	20	6.25	2	4	1.19	0.2	14.8	0.43	2	9	19.9	5	4.51	36.3	5	1	0.5	0.95	1.5	0.5	0.5	0.22	1	26.4	2.6
20.5	5.6	4.75	2.66	0.93	18	5.26	2	4	0.94	0.2	26.4	0.39	2	10	25.6	8	6.69	93.6	5.4	2	0.6	0.81	8.7	0.5	0.4	1.11	7	24	2.3
13.4	3.9	4.46	2.62	1.11	18	5.07	2	3	0.89	0.2	29	0.36	2	10	24.5	15	6.66	108	4.9	2	0.6	0.74	8.8	0.5	0.4	1.24	3	22	2.3
9.1	4.4	4.1	2.35	0.89	16	4.67	2	4	0.82	0.2	33.8	0.36	2	8	25.5	15	7.13	133	4.7	4	0.8	0.73	13.7	0.7	0.39	1.92	6	21.6	2.2
13.2	5.1	5.42	3.16	1.24	19	6.19	2	4	1.1	0.2	32.7	0.43	2	10	29.8	12	7.93	91.9	6	3	0.6	0.94	9.5	0.5	0.48	1	1	27	2.8
8.4	5.4	3.76	2.18	1.03	18	4.3	2	3	0.76	0.2	29.3	0.33	3	8	22.8	14	6.31	124	4.4	5	0.6	0.69	10.1	0.6	0.31	2.39	11	19.1	1.9
12.2	5	1.33	0.84	0.75	19	1.49	2	2	0.26	0.2	15.2	0.14	2	8	12.1	16	2.94	130	1.6	4	0.9	0.22	2.5	0.7	0.16	1.26	9	6.6	0.9
10.4	1.9	3.56	2.03	0.82	16	3.73	2	3	0.71	0.2	28.5	0.33	2	8	20.9	31	5.92	116	3.8	3	0.7	0.6	11.9	0.6	0.34	1.63	8	18.3	2
8.4	4.2	4.02	2.49	0.92	16	4.63	2	4	0.83	0.2	32.9	0.38	2	8	24.9	14	7	127	4.4	3	0.7	0.71	14.5	0.6	0.36	2.05	6	21.3	2.3

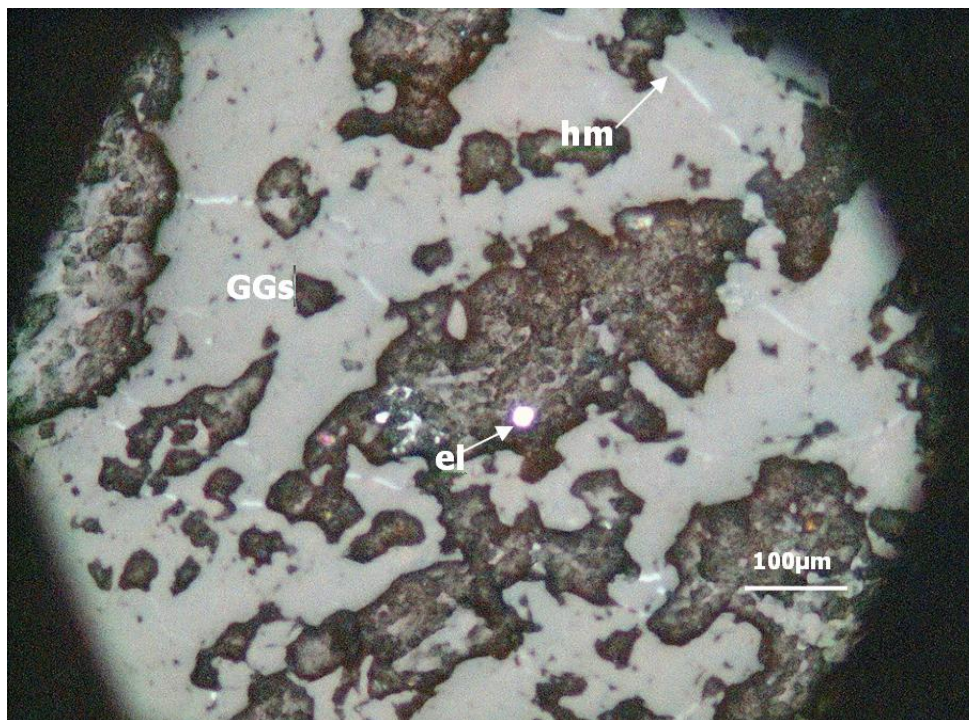
Anexo N° 4 Análisis Multielemental de vetas de cuarzo

Codigo de Muestra	Au g/t	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Mo ppm	Fe %	Mn ppm	Cd ppm	Ni ppm	Cr ppm	Co ppm	As ppm	Hg ppm
TBI-03	0,09	6	855	551	64	10	2,71	216	<0,5	<5	8	686	1261	0,11
TBI-05	0,032	<0=0,5	292	4572	12	6	2,12	79	<0,5	9	8	445	382	0,11
TBI-08	0,01	<0,5	11	6	11	13	15,1	12966	<0,5	106	7	39	147	0,19
TBI-15	0,92	<0,5	15	76	27	10	3	328	<0,5	33	15	372	2018	0,05
TBI-18	0,89	<0=0,5	38	99	99	9	2,94	430	<0,5	34	18	348	1427	0,13
TBI-20	0,68	<0,5	13	28	16	7	1,69	128	<0,5	21	13	519	4111	0,05
TBI-21	0,34	<0,5	17	16	64	15	4,04	630	<0,5	47	24	249	2403	0,13
TBI-23	0,84	<0,5	9	19	40	10	2,35	144	<0,5	27	9	319	1392	0,08
TBI-29	0,025	<0,5	156	<5	51	<5	2,75	276	<0,5	45	24	524	1098	<0,05
TBI-32	<0=0,01	<0=0,5	80	112	660	21	6	291	<0,5	109	58	156	87	<0=0,05
TBI-34	<0=0,01	<0,5	28	10	41	<5	2,36	105	<0,5	41	15	664	<5	<0=0,05
TBI-35	<0=0,01	<0,5	694	114	146	11	5,2	6799	<0,5	467	21	246	87	0,15
TBI-40	1,27	0,5	65	17	<5	<5	1,3	919	<0,5	28	72	636	168	0,16
TBI-41	4,62	1	147	23	11	<5	1,55	900	<0,5	40	100	592	328	0,27
TBI-44	1,01	6,5	14	32	<5	<5	0,61	134	<0,5	10	5	682	1280	0,13
TBI-46	0,56	<0,5	16	11	<5	<0=5	1,29	391	<0,5	34	34	505	687	<0,05
TBI-49	0,46	<0,5	13	11	<5	<5	2,47	238	<0,5	31	16	377	1009	0,14
TBI-51	1,88	1	383	17	<5	<5	1,98	270	2,2	26	11	572	1033	0,7
TBI-53	0,036	<0,5	7	5	<5	<5	0,61	287	<0,5	17	9	851	30	<0=0,05
TBI-55	0,69	<0,5	6	6	<5	<5	0,61	131	<0,5	12	11	811	41	<0=0,05
TBI-56	0,172	<0,5	6	7	<5	<5	0,8	92	<0,5	13	16	771	64	0,09
TBI-75	0,023	<0,5	16	24	5	5	4,62	187	<0,5	72	136	160	804	0,18
TBI-77	<0=0,01	<0,5	2140	13	8	8	5,11	304	<0,5	80	51	161	43	0,89
TBI-79	3,51	<0,5	23	22	17	17	5,17	119	<0,5	66	44	327	448	<0=0,05
TBI-80	13,9	1	232	2530	<5	<5	3,47	1084	5	55	28	291	12	1,7
TBI-82	0,023	<0,5	17	12	<5	<5	0,59	206	<0,5	12	13	708	27	<0,05
TBI-90	<0,01	<0,5	13	39	<5	<5	0,46	48	<0,5	10	6	749	50	<0,05
TBI-92	<0=0,01	<0,5	58	22	5	5	4,08	665	<0,5	68	42	271	17	0,05
TBI-93	<0,01	<0,5	31	52	<5	<5	1,45	265	<0,5	30	43	393	33	<0=0,05

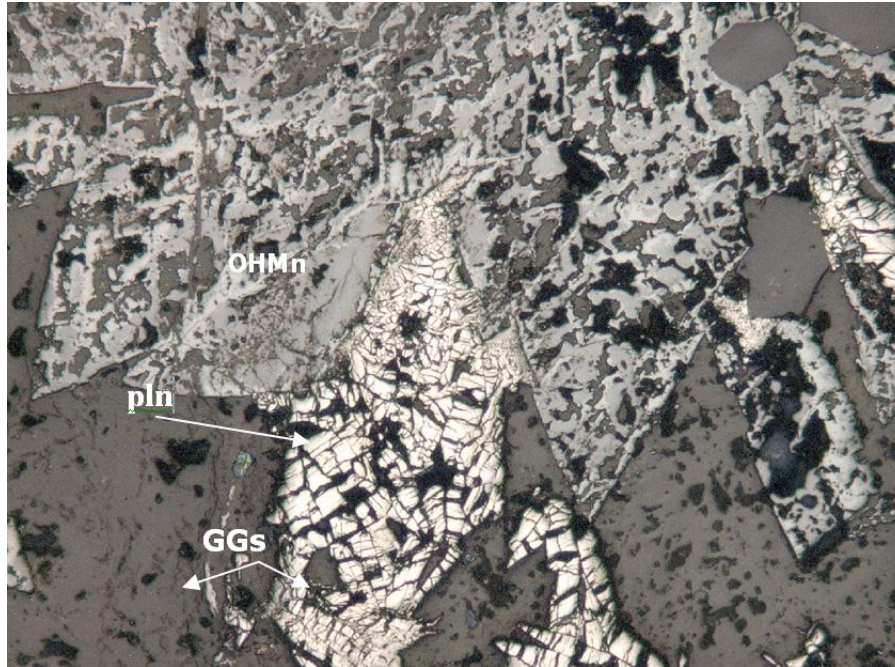
Anexo N° 5 Secciones bajo luz reflejada



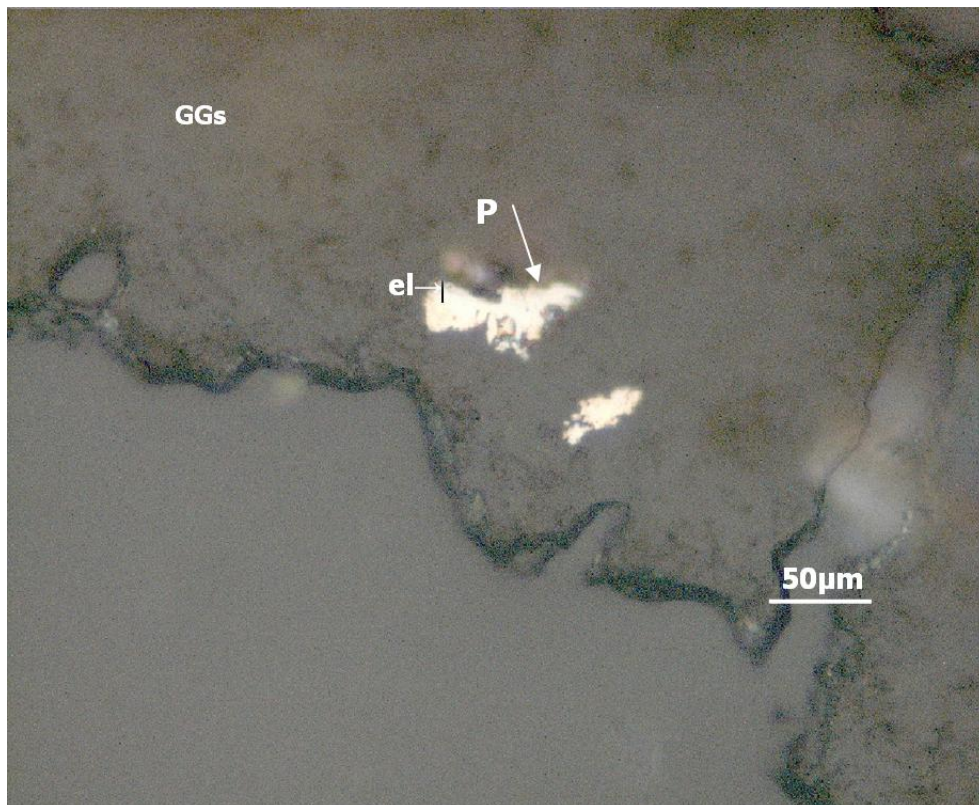
Galena con inclusiones pequeñas de esfalerita (aumento 100x), se observa un grano de Calcopirita (cp) de color amarillo incluido en la galena muestra TBT - 04. Lavador



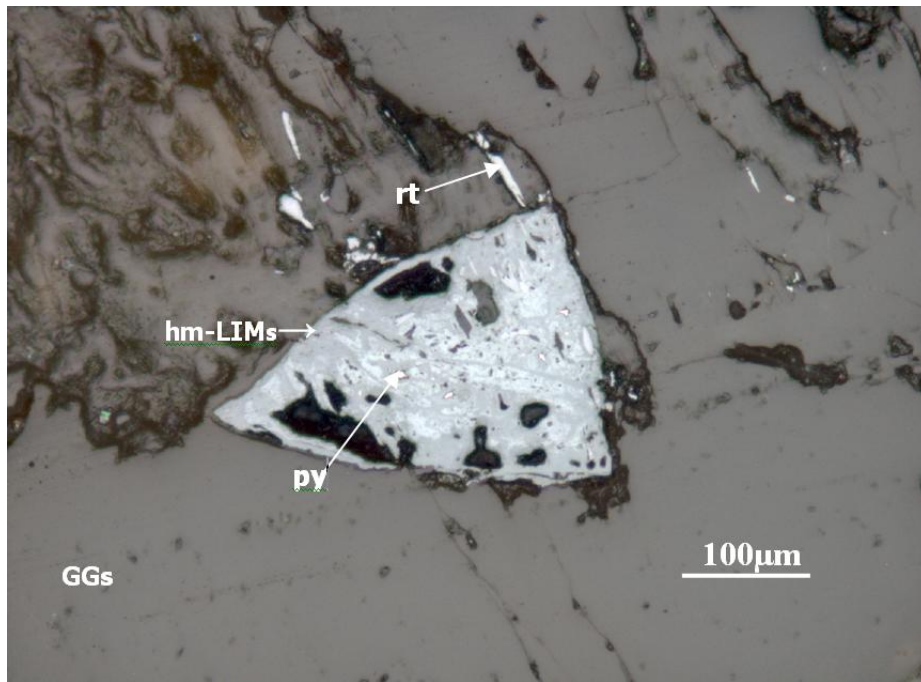
Un grano de electrum(el) relleno una porosidad de la ganga y hematita (hm) relleno Microfracturas de la ganga (GGs), muestra TBT -05 A de veta en Lavador



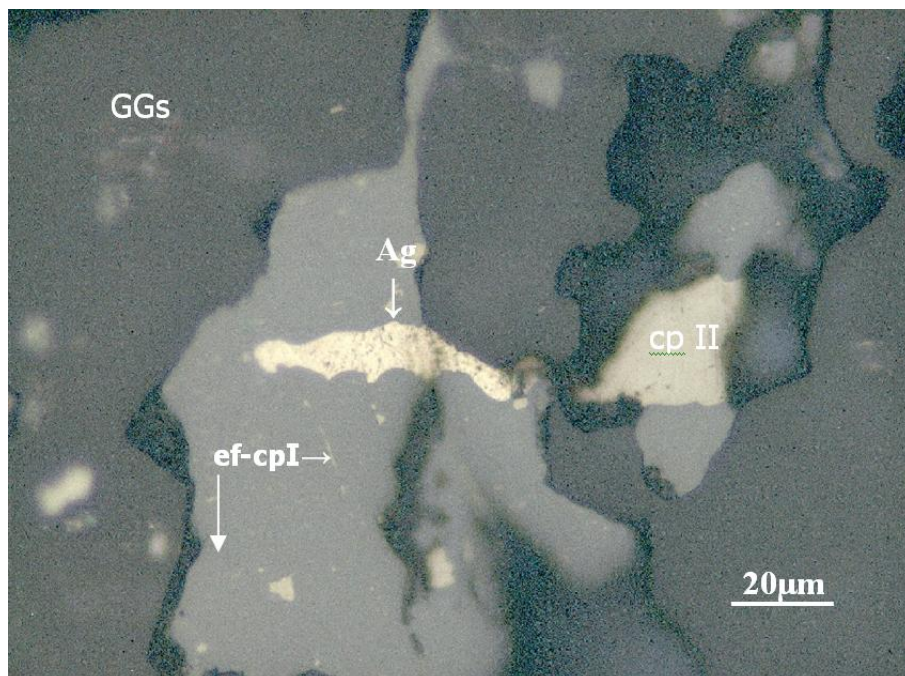
Agregados de cristales euhedrales y subhedrales de pirolusita (polianita), de aspecto tabular (pln) reemplazados por hidróxidos de manganeso (OHMn) se presentan rellenando fracturas de la ganga (GGs). Muestra TBT – 08. Lavador



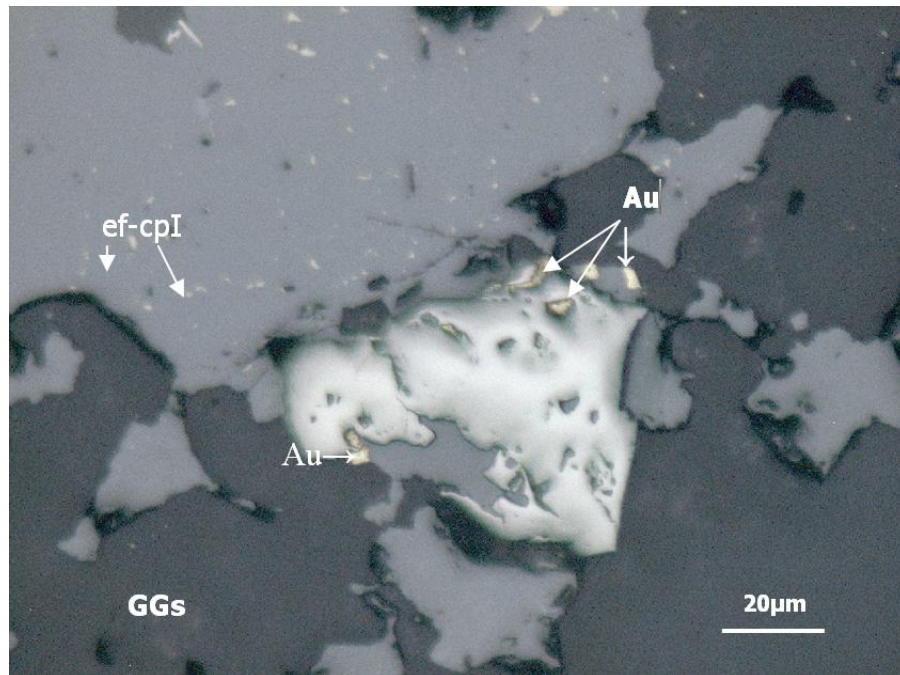
Granos de electrum (el) en bordes del sulfuro de plata? (proustita?) ((P), rellenan una fractura de la ganga (GGs). Muestra TBT – 41 B, veta Mónica. Gollón



Seudomorfo de hematita-limonitas (hm-LIMs) a expensas de la pirita se observa relictos y cristales dispersos de rutilo (rt) en la ganga (GGs). Muestra TBT – 54 veta Fabela. Gollón.



Esfalerita con segregación de calcopirita I (ef-cpI), calcopirita II (cpII) en bordes de esfalerita, ambas rellenan cavidades de la ganga (GGs). Se observa plata nativa (Ag) relleno una venilla discontinua de la ganga, esfalerita (ef). Muestra TBT - 80 A . El Reo



Esfalerita con segregaciones de calcopirita I (ef-cpI) , reemplazando a la pirita, granos de oro nativo (Au) en porosidades y venillas de la pirita (py), granos de oro en bordes de esfalerita (ef). Los sulfuros rellenan intersticios de la ganga (GGs).

ANEXO N° 6 Láminas de Inclusiones Fluidas

Lámina I: tipos de cuarzo con Inclusiones Fluidas

- A Cristal de cuarzo cz 2 con zonación de crecimiento marcado por IF primarias
Fotomicrografía LT , NX, obj. 10 X. Muestra TBT – 04 ,Lavador.
- B Cuarzo cz 2 siendo reemplazado por cuarzo cz 3 disseminado por pirita.
Microfotografía LT, NX, obj. 10X. Muestra TBT – 04, Lavador
- C Cuarzo cz 1 con zonación de crecimiento marcado de inclusiones primarias.
Microfotografía LT, NX, obj 10 X. Muestra TBT – 20C. Sector SO C° Minas.
Lavador.
- D Textura de relleno. Se observa el cuarzo cz 1 de hábito prismático cristales de adularia (adl),
que esta siendo corroído por el cuarzo cz 2 de agregado micro a criptocristalino. Microfotografía
LT, NX, obj. 10X. Muestra TBT – 41 B. Gollón, veta Mónica
- E Textura de relleno. Microfotografía LT, NX, obj. 4X. Agregado microcristalino
de cz 2 y minerales de arcilla estan atravesando cz 1. Muestra TBT – 50 tomada
en Gollón, veta Melba
- F Agregados microcristalino tardíos de cuarzo y filosilicatos (cz 2), que afectan al conjunto y en
parte, lo reemplazan, conservando relictos de cuarzo primario (cz I), parcialmente corroídos
el cz 2 se encuentra relacionado con la mineralización. Microfotografía LT, NX, obj. 4X.
Muestra TBT – 54. Gollón, veta Fabela.
- G Microfracturas perpendiculares a la esquistocidad de la roca metamórfica (RM) rellenas de
cuarzo (cz) con varios eventos posteriores de microtectonismo. Microfotografía LT, NX, obj.
4X. TBT – 80B. El Reo
- H Cuarzo cz 2 micro a criptocristalino relleno microfracturas del cuarzo cz 1 de mayor
granulometría. Microfotografía LT, NX, obj. 4X. TBT – 93 A. Santa Cruz norte de Balsas.

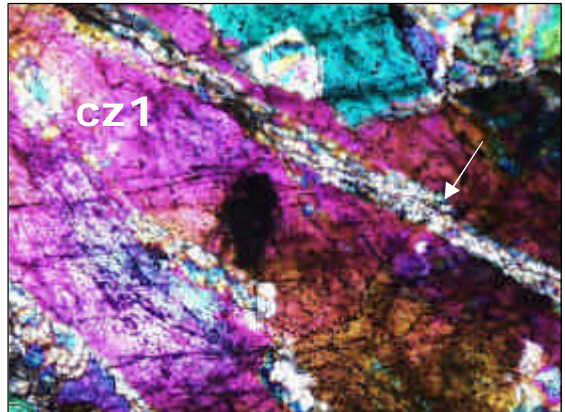
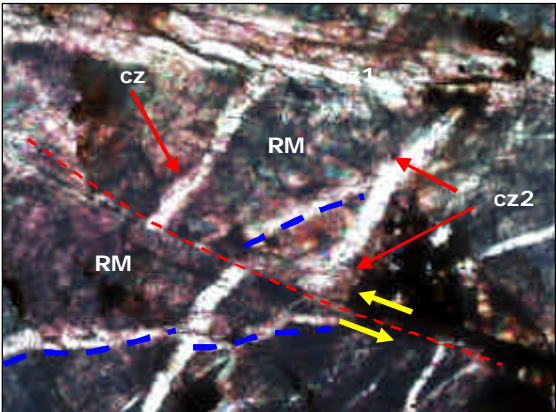
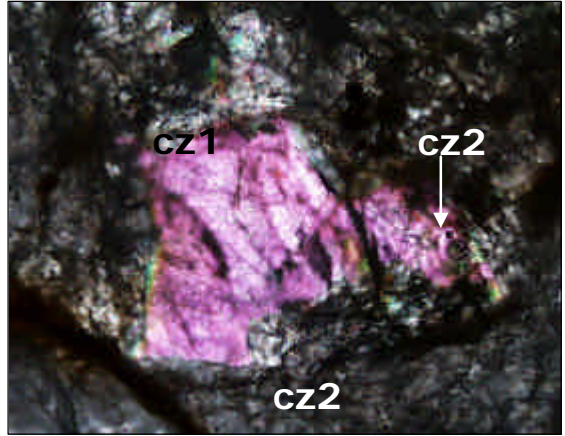
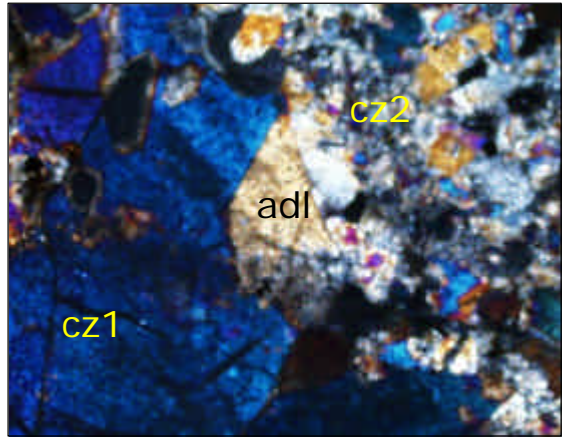
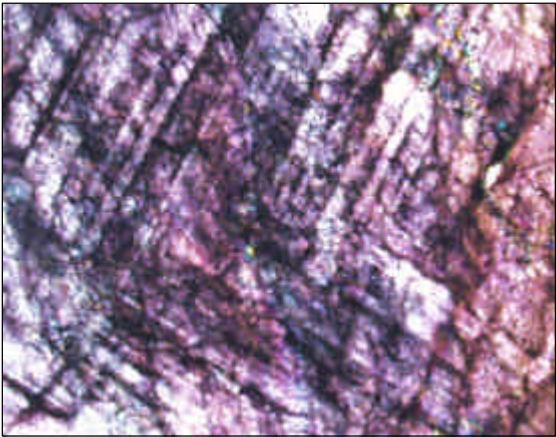
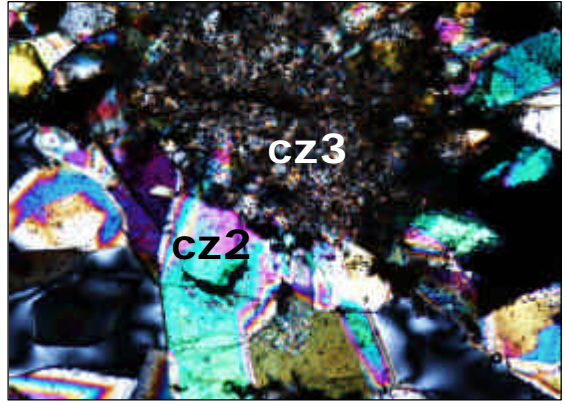
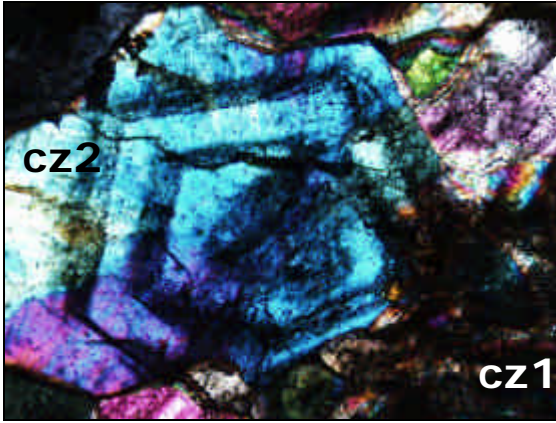
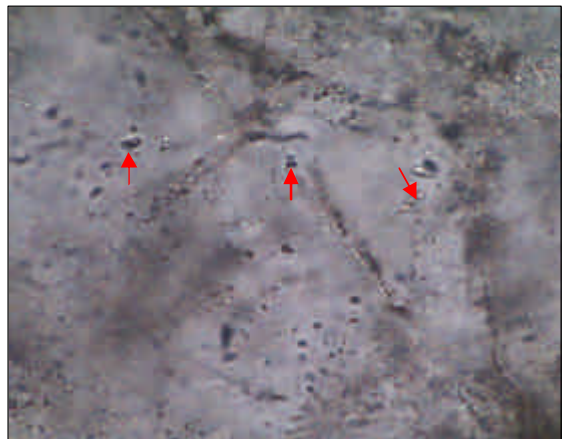
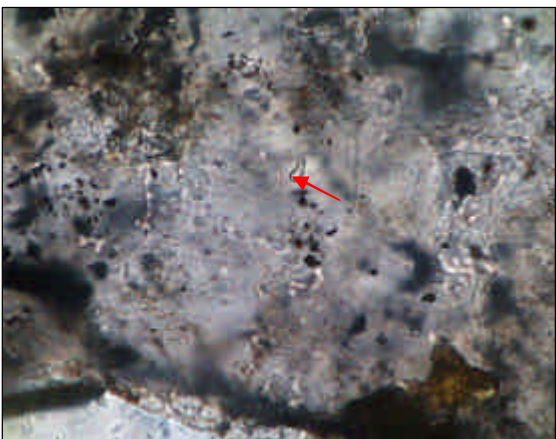
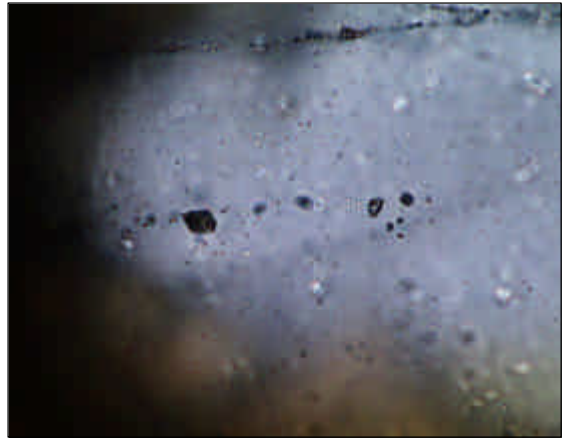
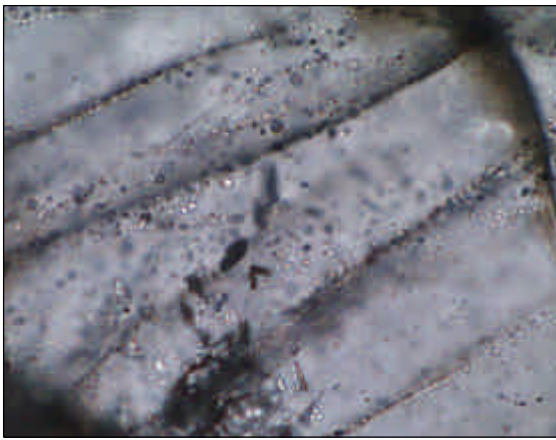
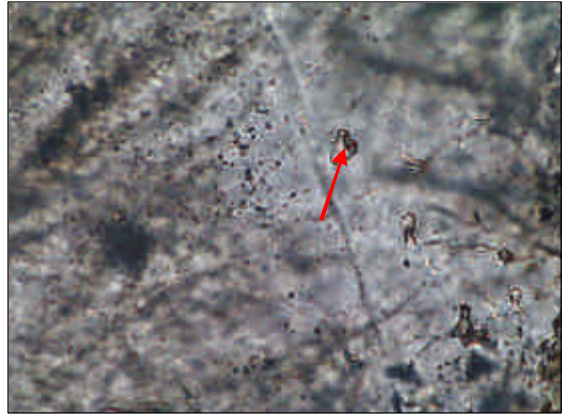
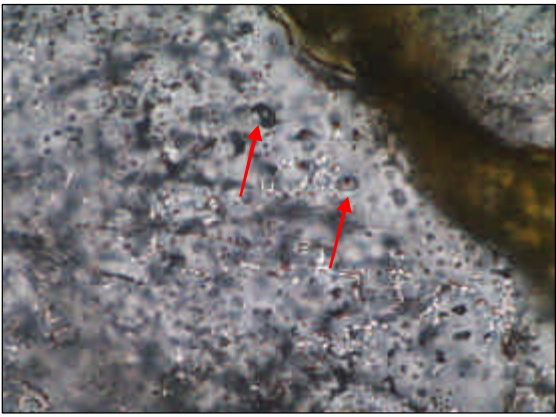
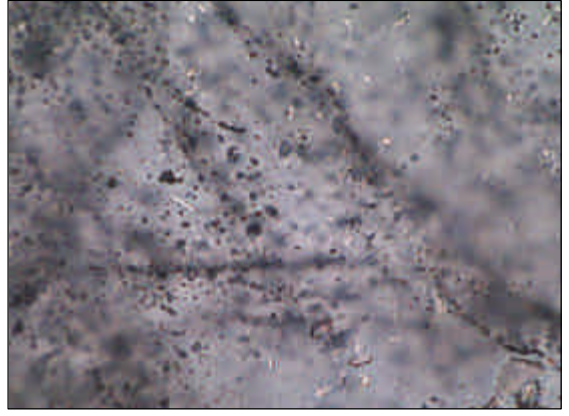
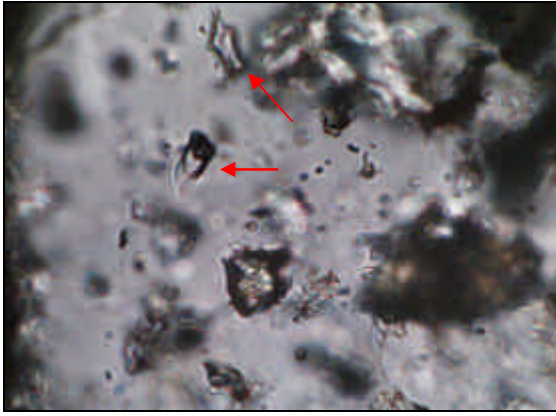


Lámina II : Microfotos de Inclusiones Fluidas en cuarzo

- A Inclusiones fluidas primarias, bifásicas (L+V), en cristal de cuarzo, de tamaños entre 10-15 μ . Fotomicrografía LT, N//, obj. 50X. muestra TBT – 04. Lavador
- B Textura Wipsy (Escobillón) con inclusiones fluidas. Microfotografía LT, N//, obj. 50X. Lavador TBT – 20 C
- C Inclusiones fluidas bifásicas en cuarzo cz 1 en contacto con microfisuras rellenas de sulfuros con fuerte alteración. Microfotografía LT, N//, obj. 50X. Lavador TBT – 20 C
- D Inclusiones fluidas aparentemente primarias bifásicas de formas alargadas y redondeadas con dimensiones que bordean los 3 a 4 μ . Presentan abundancia de IF monofásicas ricas en vapor y líquido. Microfotografía LT, N//, obj. 50X. Gollón, veta Mónica TBT – 41 A
- E Textura Wispy se observan inclusiones monofásicas, secundarias, alineadas Microfotografía LT, N//, obj. 50X. Gollón TBT – 57 B, veta Antonia
- F Inclusiones fluidas secundarias alineadas en una microfisura del tipo bifásica, trifásica con dimensiones entre 5-7 μ de formas rectangulares, redondeadas. Abundancia de IF monofásicas ricas en líquido y vapor con texturas tipo Wispy. Fotomicrografía LT, N//, obj. 50X. Gollón TBT – 57 B , veta Antonia
- G Inclusión fluida aislada bifásica alojada en cuarzo cz 2. Microfotografía, LT, N//, obj. 50X. Norte de Balsas. Complejo del Maraño. TBT – 93 A
- H Inclusiones fluidas aisladas primarias bifásicas con abundancia de IF monofásicas ricas en líquido y vapor alojadas en cuarzo cz 2. Microfotografía. LT, N//, obj. 50X.. Norte de Balsas, Complejo del Maraño, TBT – 93A



Anexo 7 Procedimientos de análisis

Análisis de Elementos Mayores

Los análisis de elementos mayores se han realizado por el método de absorción Atómica en el Laboratorio de Química Analítica del INGEMMET. Este método es adecuado para la delineación de la composición geoquímica de rocas silicatadas.

El análisis mediante espectrofotometría de absorción atómica se aplica con rangos de 0.01 % para Al_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O y K_2O ; 0.02 % para Fe_2O_3 ; 0.05 % para SiO_2 y 0.005 % para TiO_2 y MnO .

La muestra para la determinación de calcio, magnesio, sodio, potasio, hierro, manganeso, silicio, aluminio y titanio es descompuesta inicialmente con ácidos nítrico y clorhídrico en vaso abierto para disolver las sales, y evaporada primero a sequedad y luego hasta eliminar los gases nitrosos. Después las muestras son sometidas a una reacción con el ácido fluorhídrico en vaso cerrado a presión y temperatura con posterior enfriamiento. La solución resultante es analizada por silicio, aluminio, titanio, hierro, manganeso, calcio magnesio, sodio y potasio.

La determinación analítica de elementos traza: Rb, Sr y Ba, Cr, Ni y Co, se hizo mediante el Método de Absorción Atómica con un procedimiento similar.

Análisis de Elementos Traza y Tierras Raras

Los análisis de elementos traza y tierras raras se han encargado a los laboratorios SGS, quienes han analizado las muestras mediante el método ICM90A: Determinación de 54 elementos usando fusión de peróxido de sodio, seguida por ICP – OES y ICP – MS, empleando 0.10 gramos de muestra de roca molida y pulverizada; la cual es fundida mediante peróxido de sodio en un crisol de grafito y disuelto usando HNO_3 . Durante la digestión la muestra es separada en dos mitades una para ICP – OES, y la otra para ICP – MS. Los límites de medición se dan en partes por millón (ppm).

Para el procedimiento de análisis la muestra en solución es aspirada o introducida en el ICP – MS donde los iones son medidos y cuantificados de acuerdo a su masa única y la otra mitad es introducida en el ICP – OES donde los átomos en el plasma emiten luz registrada por espectrómetros ópticos y cuando estos son calibrados usando estándares, la técnica proporciona un análisis cuantitativo de la muestra original. Mayormente los datos han sido introducidos vía ordenadores empleando hojas de Excell y procesadas, mediante el empleo de software como el Iqpet 2000 y Corel Draw para el caso de los gráficos y plantillas que se han superpuesto sobre todo en los esquemas de clasificación del conjunto de rocas.

Los análisis de vetas son de tipo multielemental y se han realizado en los laboratorios del INGEMMET, al igual que los estudios de inclusiones fluidas con los cuales se amplía la descripción petrográfica de estructuras mineralizadas, apoyado con el Analizador Portátil Infrarrojo de Minerales (PIMA). Los procedimientos seguidos se describen con mayor detalle en el subtítulo 3.2 donde se tratan.

En la clasificación modal y geoquímica de rocas se ha tratado de seguir las recomendaciones generales conocidas como son: elección de rocas frescas que en el caso de análisis químicos deben tener menos de 2 % de H₂O y CO₂ menor que 0.5 %, recalcular a 100 los análisis eliminando H₂O y CO₂.

Se han empleado diagramas de variación tipo Harker y Fenner para tener una idea de la variación química de rocas distintas tanto química como mineralógicamente, pensando en su posible relación genética a partir de un mismo magma. Con similar concepción se han empleado los diagramas binarios y ternarios que permiten separar familias o conjuntos de rocas en base a los resultados de elementos mayores.

Los análisis de elementos traza se han realizado a fin de tener una idea de su distribución y concentración, para lo cual según los procedimientos han sido normalizados como referencia estándar a la condrita Nakamura, 1974, a fin de tratar de interpretar su relación posible con los procesos geológicos.

De acuerdo con la bibliografía consultada, los diagramas y procedimientos que se han empleado son los más adecuados para las rocas graníticas.

Procedimiento de estudio IF

Iparraquirre J. A., (2005) describe el procedimiento de análisis así «Método de congelamiento.- El sistema de congelación consta de un dispositivo para congelar muestras con un rango de 0° a -190°C, el cual consiste en un tanque para gas seco de nitrógeno con su regulador, termo especial para N₂ líquido, tubo de cobre y hule con válvulas para conducir el nitrógeno desde el tanque hasta la platina.

Este método permite determinar la temperatura de fusión (Tf) mediante el congelamiento de la muestra y posterior proceso de calentamiento, con lo cual conseguimos que el vapor (V) de la burbuja pueda desplazarse en el líquido (L) al descongelarse, es en este momento en que se toma la medida. El punto de congelación del líquido permite hacer una estimación de la concentración de sales en fluido.

Método de calentamiento.- El sistema de calentamiento puede producir y medir temperaturas con un rango de 0° - 600° C, si bien, tiene mejor rendimiento por debajo de 400° C. Sirve para determinar la temperatura de homogenización y se basa en que las inclusiones se formaron a partir de una fase líquida homogénea, por causas físico-químicas se disocia en dos fases y se crea una burbuja. Este proceso podía ser reversible por calentamiento de las inclusiones, con lo que aumenta la solubilidad del líquido, se eleva la presión interna, se expande el líquido y la energía cinética de las partículas gaseosas no le permiten a la burbuja seguir estable, por lo que desaparece. Entonces se dice que el sistema se homogenizó en una fase. La temperatura de homogenización (Th) más una corrección por la diferencia de la presión a la que se realiza el proceso reversible y la presión de captura, da la temperatura de formación del mineral anfitrión. Este proceso es válido sólo en inclusiones fluidas primarias».