

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL  
CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y GEOGRAFÍA

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



---

**“ESTRATIGRAFÍA, SEDIMENTOLOGÍA Y TECTÓNICA DE LA  
MESETA DE BOMBÓN” (CERRO DE PASCO)**

---

Tesis Presentado por el Bachiller:

**EBER CUEVA TINTAYA**

Para Optar el Título Profesional de:

**INGENIERO GEÓLOGO**

CUSCO, ENERO DEL 2008  
PERU



REPUBLICA DEL PERU  
 Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco  
 A NOMBRE DE LA NACION

EL RECTOR DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

Por Cuanto:

*El Consejo Universitario ha Acordado conferir a:*

Don(ña). EBER CUEVA TINTAYA  
 el TITULO de INGENIERO GEÓLOGO

*Por haber cumplido con los requisitos del Estatuto Universitario y el Reglamento respectivo de la Facultad de*  
INGENIERIA GEOLOGICA Y GEOGRAFIA

Por Tanto:

*Expide el presente Diploma para que le tengan por tal y reconozcan en el* TITULO *conferido.*  
*Dado y firmado en el Cusco, a los* VEINTISIETE *días del mes de* JUNIO  
*del año* DOS MIL OCHO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
 Dr. VICTOR RAUL AGUILAR CALLO  
 RECTOR



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
 Prof. ELIZARDO LUIS RIVERA GOMEZ  
 SECRETARIO GENERAL



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA Y GEOGRAFIA  
 Ing. Ego. JUAN CARLOS ACCUO CABE  
 DECANO

INSCRITO A FOJAS 890 DEL LIBRO 11-B DEL RESPECTIVO REGISTRO. DIPLOMA No. 2296

El Secretario Académico Administrativo de la Facultad de .....

**INGENIERÍA GEOLOGICA Y GEOGRAFIA**

que suscribe, Certifica que don(ña) **EBER CUEVA TINTAYA** .....

ha optado al TITULO de **INGENIERO GEÓLOGO** .....

Conforme a Reglamento según Resolución No. **CU-2296-2008-GT**

Cusco, 27 de JUNIO del año 2008



A00887138

A mi Madre Ángela, por ser el centro de mi vida y mi razón de ser a pesar de todos mis errores cometidos, siempre esta ahí, para ayudarme y consolarme.

A mi Papá Gregorio, por dejarme ser su hijo y brindándome todo su cariño y apoyo.

A mis hermanos Lourdes, Jhon, Jhemnifer y Alex por su apoyo, amistad, empuje constante y sobretodo por el cariño que me brindan. A toda la familia Cueva y Tintaya

A Daniel y Edwin, por sus enseñanzas durante las experiencias vividas en el trabajo.

Quiero ofrecer mis más sinceros agradecimientos

Agradezco a mi alma mater que es la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), por darme la oportunidad de alcanzar una meta más.

Un profundo y sincero agradecimiento al Dr. Victor Carlotto, por su apoyo incondicionalmente durante la realización del presente trabajo pero ante todo, gracias por la amistad brindada.

De la misma manera al Mgt. José Cárdenas Roque y al Ing. Luis Cerpa Cornejo por ser asesoras de la presente tesis, corregirla a pesar de todos los errores cometidos.

Al Dr. José Machare por brindarme la oportunidad de desarrollar esta tesis mediante el programa de becas del instituto Geólogo Minero y Metalúrgico, INGEMMET

Muchas gracias a Darwin Romero, Freddy Jaimes, Pedro Navarro, Harmuth Acosta, Teresa Velarde, Rildo Rodríguez por las discusiones, debates y bromas repartidas a lo largo de este periodo. Pero sobre todo por comprender el concepto de "amistad".

Finalmente a todas aquellas personas, que de una u otra manera contribuyeron para la finalización de este proyecto, parientes, amigos y a todos. Gracias .....

## RESUMEN

El área de estudio está caracterizado por presentar dos dominios estructurales las cuales han controlado la evolución tectono – magmática y sedimentaria de la Meseta de Bombón. El Dominio Este está caracterizado por sucesiones sedimentarias cuyas edades van desde el Paleozoico hasta el Cenozoico (grupos Mitu, Pucará y Goyllarisquizga, formaciones Chayllacatana y Calera). El Dominio Oeste está caracterizado por sucesiones sedimentarias que van desde el Mesozoico hasta el Cenozoico (grupos Pucará y Goyllarisquizga, formaciones Chayllacatana, Chulec, Jumasha, Pocobamba y Huayllay), estas sucesiones sedimentarias se encuentran recubiertas por depósitos plio-cuaternarios.

Se ha puesto en evidencia la Formación Chayllacatana de edad Aptiano superior, que se divide en los miembros A y B. El Miembro A se compone por una intercalación de areniscas y lutitas de coloración rojiza. El Miembro B está compuesto por rocas volcánicas basáltica de composición alcalina de acuerdo a los análisis químicos.

La Formación Pocobamba de edad Eocena, ha sido dividido en 5 miembros (A, B, C, D y E). El Miembro A está compuesto por intercalaciones de areniscas y lutitas. El Miembro B se compone de intercalaciones de conglomerados con clastos principalmente de cuarcitas, areniscas y lutitas. El Miembro C se compone de intercalaciones de calizas, areniscas finas y lutitas. El Miembro D se compone de intercalaciones de conglomerados con clastos principalmente de volcánicos, areniscas de grano grueso a medio y lutitas. El Miembro E se compone de intercalaciones de areniscas finas, lutitas y niveles de caliza. En general las secuencias son grano decrecientes y con paleocorrientes de dirección suroeste.

El Magmatismo está relacionado a las principales estructuras y en algunos casos ha originado cuerpos que han aportado mineralizaciones económicas como es el caso de los yacimientos de Colquijirca, Marcapunta y San Gregorio. Los yacimientos de enargita y oro presentes en la parte noreste de la zona de estudio están ligados a grandes controles estructurales con direcciones N-S, donde se han emplazado la intrusión de dacitas y andesitas, estos yacimientos están relacionados a depósitos Epitermales.

La zona de estudio fue dividido en dos Dominios Este y Oeste limitados por la Falla del río Mantaro y están caracterizados por la presencia de fallas y pliegues de importancia local.

Se ha puesto en evidencia una estructura mayor denominada como Falla inversa del río Mantaro, que tiene una dirección NO-SE con vergencia al oeste. Otras fallas inversas conocidas son la Falla Cerro de Pasco (N-S) y Tambo (NO-SE) con vergencia hacia el oeste.

La Falla Cerro de Pasco y la Falla del río Mantaro son estructura que han controlado la evolución paleogeográfica Meso-Cenozoica y el emplazamiento de cuerpos volcánicos.

La Falla del río Mantaro parece haber controlado la depositación de la Formación Pocobamba durante el Paleoceno-Eoceno, que están afectados por estructuras tectónicas principalmente pliegues. Los pliegues afectan principalmente al Miembro E ya que en esta zona se tiene un número mayor de pliegues, y hacia el este estos pliegues se van amortiguando y afectan en menor grado a los miembros A, B y C. Estos pliegues parecen corresponder a dos eventos, el primer evento se habría dado probablemente durante el Eoceno-Oligoceno con dirección NO-SE, mientras el segundo evento se habría dado durante el Mioceno-Plioceno con dirección N-S. Estos pliegues son interpretados como resultado de los esfuerzos de compresión en dirección E-O a NE-SO, las que a su vez coinciden con la dirección de convergencia entre las placas de Nazca y Sudamérica.

# CONTENIDO

## Página

### RESUMEN

#### CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES

1.1. INTRODUCCIÓN	2
1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	3
1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.4. OBJETIVOS	3
1.5. HIPÓTESIS	3
1.6. UBICACIÓN Y EXTENSIÓN	4
1.7. ACCESIBILIDAD.	4
1.8. METODOLOGÍA DE TRABAJO	4
1.9. TRABAJOS ANTERIORES	6

#### CAPITULO II: GEOMORFOLOGIA

2.1. INTRODUCCION	9
2.2. UNIDADES GEOMORFOLOGICAS LOCALES	9
2.2.1. ZONA DE CERROS	9
2.2.1.1. Cerro Yurac Ccacca	12
2.2.1.2. Cerros Huayllay	12
2.2.2. ZONA DE LOMAS	13
2.2.3. PAMPAS	13
2.3. CLIMA	14
2.4. VEGETACIÓN	14
2.5. HIDROGRAFIA	14
2.6. LAGUNAS	15

#### CAPITULO III: ESTRATIGRAFÍA

3.1. INTRODUCCIÓN	18
3.2. DESCRIPCIÓN DE FACIES	18
3.3. DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS ARQUITECTURALES	18
3.4. DOMINIOS PALEOGEOGRAFICOS-MORFOESTRUCTURALES	22
3.4.1. DOMINIO ESTE	22
3.4.1.1. Grupo Mítu (Pérmico superior-Triásico inferior)	22
3.4.1.2. Grupo Pucará (Triásico superior – Jurásico inferior)	28
3.4.1.3. Formación Calera (Paleógeno)	31
3.4.1.4. Depósitos Cuaternarios	32
3.4.2. DOMINIO OESTE	32
3.4.2.1. Grupo Pucará (Sinemuriano superior – Toarciano superior)	32

3.4.2.2. Grupo Goyllarisquizga (Cretácico inferior)	33
3.4.2.3. Formación Chayllacatana (Aptiano superior).	33
3.4.2.4. Formación Chulec (Cretácico inferior)	46
3.4.2.5. Formación Jumasha (Cretácico inferior)	46
3.4.2.6. Formación Pocobamba (Eoceno inferior)	46
3.4.2.7. Formación Huayllay (Mioceno)	64
3.4.2.8. Depósitos Cuaternarios	65

## **CAPITULO IV: MAGMATISMO**

4.1. INTRODUCCIÓN	67
4.2. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD MAGMÁTICA	68
4.2.1. PLUTONISMO	68
4.2.1.1. Intrusivo de Runtucocha y Ancocote	68
4.2.2. VULCANISMO	68
4.2.2.1. Vulcanismo de la Formación Chayllacatana	68
4.2.3. DIQUES	76
4.2.3.1. Dique Yurac Ccacca	76
4.2.3.2. Dique Huanchuacaca	79
4.2.4. DOMOS	81
4.2.4.1. Domo de Marcapunta	81
4.2.4.2. Domo de Señal Raco	83
4.2.5. DEPOSITOS VOLCANICOS	83
4.2.5.1. Volcánicos Huayllay	83

## **CAPITULO V: TECTÓNICA**

5.1. INTRODUCCIÓN	87
5.2. DESCRIPCIÓN DE ESTRUCTURAS POR DOMINIOS	87
5.2.1. DOMINIO ESTE	87
5.2.1.1. Fallas	87
5.2.1.2. Pliegues	87
5.2.2. DOMINIO OESTE	89
5.2.2.1. Fallas	89
5.2.2.2. Pliegues	91
5.3. DESCRIPCIÓN DE LAS SECCIONES ESTRUCTURALES	92
5.3.1. SECCIÓN ESTRUCTURAL A-A' (Fig. 5.2)	93
5.3.2. SECCIÓN ESTRUCTURAL B-B' (Fig. 5.3)	92
5.3.3. SECCIÓN ESTRUCTURAL C-C' (Fig. 5.4)	92

## **CAPITULO VI: GEOLOGÍA ECONOMICA**

6.1. INTRODUCCIÓN	96
6.2. YACIMIENTOS METÁLICAS	96
6.2.1. MINA COLQUIJIRCA	96
6.2.2. DEPOSITOS DE ENARGITA –AU EN MARCAPUNTA (FIG.6.2)	98
6.2.3. MINA SAN GREGORIO	100
6.3. YACIMIENTOS NO METÁLICAS	100
6.3.1. CALIZAS (FIG. 6.3).	101
6.3.2. ROCAS VOLCÁNICAS	102

6.3.3. DEPÓSITOS DE GRAVA Y ARENA	103
CONCLUSIONES	104
RECOMEDACIONES	106
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	107

# **CAPITULO I**

## **ASPECTOS GENERALES**

## **1.1 INTRODUCCION**

Existen estudios geológicos a nivel regional dentro de los límites de la Meseta de Bombón, unos con mayor detalle que otros y sobre lugares específicos como son el cerro Marcapunta, Huayllay y en menor proporción toda la parte norte del poblado de San Agustín de Huaychao.

El principal problema de la zona de estudio es la falta de conocimiento de la estratigrafía, tectónica y la evolución sedimentológica de las diferentes unidades Cenozoicas.

Por las razones expuestas, muchos investigadores, estamos trabajando y aportando en la rama que nos compete como es la geología relacionada a los estudios petrográficos, tectónica, geomorfología y sedimentología. El único fin de este estudio es la investigación y la obtención de una tesis para optar al Título Profesional de Ingeniero Geólogo.

Con la experiencia de aportar en la región de Cerro de Pasco con estudios locales relacionados a la geología y con los requisitos de tener una motivación de estudio y afán de investigación y tener una relativa experiencia en el tema, pretendo aportar con este trabajo de investigación los aspectos relacionados a la estratigrafía, tectónica y la evolución sedimentológica, por lo tanto pongo a consideración el proyecto de tesis de investigación denominado “Estratigrafía, Sedimentología y Tectónica de la Meseta de Bombón, Cerro de Pasco”.

El trabajo se desarrolló en el marco de programas de prácticas Pre-profesionales y becas de tesis del Instituto Geológico Minero Metalúrgico (INGEMMET), que duró aproximadamente 9 meses, comenzó en el mes de abril, concluyendo el mes de diciembre del 2007.

El asesoramiento del presente estudio estuvo a cargo del Ingeniero José Dionicio Cárdenas Roque, docente de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), así como del Dr. Víctor Carlotto Caillaux y el Ing. Luís Cerpa Cornejo, geólogos del INGEMMET.

## **1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

Dentro del área de estudio se cuentan con estudios geológicos regionales no precisos, así mismo muchas unidades estratigráficas como el Grupo Goyllarisquizga, las formaciones Chayllacatana, Jumasha, Calera y Pocobamba no tienen estudios geológicos a detalle.

Existen también otros problemas relacionados al magmatismo y muy especialmente a las rocas volcánicas de la Formación Chayllacatana.

## **1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

La falta de conocimiento acerca de la estratigrafía, la evolución sedimentológica y tectónica en el área de estudio hacen que se plantee este proyecto de tesis que permitirá conocer mejor la estratigrafía de la región.

El área de estudio es ampliamente conocido por la existencia de varias minas como Cerro de Pasco, Colquijirca, Huarón y San Gregorio, por lo tanto es necesario realizar estudios relacionados a la estratigrafía, el análisis estructural y la evolución sedimentológica de la región, con el fin de proporcionar nuevos mapas geológicos, que incentiven la exploración de nuevas áreas.

## **1.4. OBJETIVOS**

Se plantea los siguientes objetivos:

1. Reconocer y reinterpretar la estratigrafía de la Meseta de Bombón.
2. Comprender el estilo estructural del área de estudio y su influencia con la sedimentación.
3. Definir la estratigrafía en las perforaciones realizadas por la empresa RTZ, en la Meseta de Bombón.
4. Obtener un nuevo mapa geológico a escala 1:50000.

## **1.5. HIPÓTESIS**

Debido a la falta de estudios a detalle de la geomorfología, estratigrafía, sedimentología y tectónica, principalmente del Grupo Goyllarisquizga, las formaciones Chayllacatana, Jumasha, Calera y Pocobamba, es necesario realizar estudios a detalle de estas unidades litoestratigráficas, por lo tanto se propone realizar estudios petrográficos, geoquímicos, análisis sedimentológico y el análisis estructural con el fin de proporcionar nuevos alcances al conocimiento estratigráfico de la región.

## **1.6. UBICACIÓN Y EXTENSION**

El área de estudio se encuentra ubicada en el Departamento de Cerro de Pasco, distrito de Huayllay que abarca los poblados de Huaychao, Buena Vista, Yurac Cacca, Matipucru, Santa Teresa y Colquijirca (Fig. 1.1). La zona de estudio tiene un área aproximada de 780 km<sup>2</sup> y las altitudes varían entre los 4000 y 4600 msnm.

## **1.7. ACCESIBILIDAD**

La zona de estudio es accesible mediante la carretera asfaltada Lima - La Oroya - Junín - Villa de Pasco y por la línea férrea Lima - La Oroya - Cerro de Pasco.

También es accesible a la zona de estudio mediante la carretera afirmada Cerro de Pasco - Buena Vista - Huayllay - San Agustín de Huaychao, y para la parte oeste se tiene una carretera afirmada que cruza toda la zona de estudio.

A través de estas rutas existe una buena red vial y numerosos caminos de herradura que permiten llegar a los centros poblados de importancia.

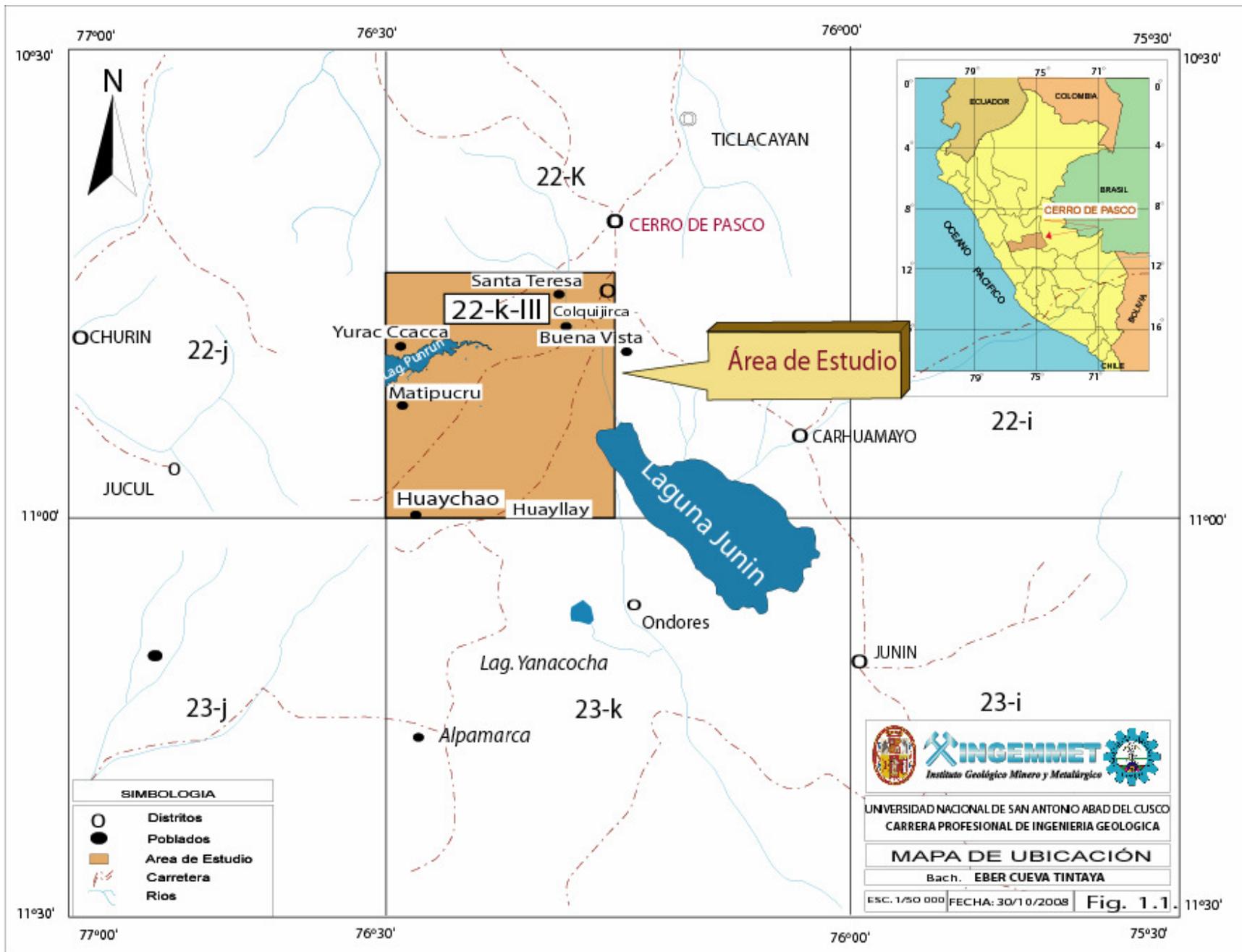
## **1.8. METODOLOGIA DE TRABAJO**

La metodología seguida en el presente trabajo de investigación se agrupa en dos etapas, una de gabinete y la otra de campo.

### **Etapas de gabinete 1**

Esta primera etapa se realizó entre el 9 de abril y el mes de junio del 2007, donde se realizaron las siguientes actividades:

1. Recopilación bibliográfica. Se realizó la recopilación y análisis sistemático de la información bibliográfica (tesis, publicaciones, boletines, etc.) existente de la zona de estudio.
2. Fotointerpretación y análisis de imágenes satelitales. La fotointerpretación se realizó a una escala 1:25000 mediante fotografías aéreas a una escala aproximada de 1:60000 tomadas por el Servicio Geográfico Militar (SGM), donde se identificaron las principales unidades estructurales y litológicas de la zona. Para la interpretación también se tuvo una imagen satelital LANDSAT utilizando las bandas 7,4,2 a una escala 1:50000, esta imagen nos sirvió para determinar y cartografiar las diferentes unidades litológicas que existen en esta zona, así como determinar las estructuras geológicas



3. Logueo de sondajes. Se realizó el logueo de los sondajes BBD-001-95, BBD-002-95 y BBD-003-95 a una escala 1:1000, de los cuales se tomaron 6 muestras para el análisis de Rayos X (DRX) y 6 muestras para secciones transparentes y pulidas.

### **Etapa de campo**

El trabajo de campo se realizó entre el 11 junio y 30 de junio del 2007, habiéndose realizado lo siguiente.

1. Cartografiado geológico a una escala 1:25000 donde se reconocieron las unidades litoestratigráficas. Además se tomaron datos de rumbo y buzamiento que nos sirvieron para determinar la dirección y sentido de los estratos, así como determinar el tipo de estructuras geológicas.
2. Se realizó el levantamiento de secciones estratigráficas, de las cuales 3 secciones estratigráficas resultaron de los datos de perforación y 5 secciones estratigráficas pertenecen a la Formación Pocobamba. Los levantamientos de secciones estratigráficas se realizaron en los poblados de Huayllay, Huaychao y Matipucru.
3. Se tomaron 20 muestras de campo para los diferentes análisis como rayos X (DRX), análisis químico y secciones transparentes.

### **Etapa de gabinete 2**

1. Se realizó la descripción petrográfica de 10 secciones transparentes y 2 secciones pulidas
2. Se efectuó el análisis de Rayos X de 11 muestras en INGEMMET, cuyos resultados fueron tratados e interpretados.
3. Se efectuó la interpretación de las secciones estratigráficas de las distintas unidades en base a la nomenclatura de Miall (1978) y a la identificación de elementos arquitecturales (Miall, 1996), con las cuales se hizo las interpretaciones sedimentológicas, paleogeográficas y evolución tectónica de la cuenca.
4. Construcción de tres secciones estructurales semiequilibradas, usando técnicas de cortes estructurales balanceadas.
5. Redacción del texto final.

## **1.9. TRABAJOS ANTERIORES**

Existen trabajos regionales que abarcan la zona de estudio, alguno de los cuales son: Mc Laughlin (1924), describe los aspectos fisiográficos y geológicos de la Cordillera Peruana subrayando una posición fuertemente discordante entre el Paleozoico y el Mesozoico.

Broggi (1945), contribuye con el estudio de las areniscas del Grupo Goyllarisquizga y amplía los conocimientos estratigráficos del Triásico y Terciario.

Jenks (1951), describe y divide en tres miembros a la Formación Calera, en una secuencia roja denominada Miembro inferior, Conglomerado Chuco y el Miembro Calera.

Newell et al. (1953), divide en dos unidades al Grupo Mitu, una unidad sedimentaria y la otra unidad volcánica.

Boit (1962-1966), hace una revisión de la estratigrafía en varias regiones de la provincia de Pasco y Junín, como también hace un estudio sobre la paleontología.

Cobbing et al. (1996), realiza estudios regionales de los cuadrángulos de Cerro de Pasco, Ambo, y Ondores, para el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET).

Ángeles (1999), menciona que durante el Paleógeno la Formación Pocobamba en la región de Cerro de Pasco fue el asiento de una sedimentación continental detrítica y carbonatada.

## **CAPITULO II**

### **GEOMORFOLOGIA**

## 2.1. INTRODUCCION

Los Andes Centrales del Perú se caracterizan por la presencia de varias unidades morfoestructurales (Fig. 2.1), la zona de estudio se encuentra ubicado en la Cordillera Occidental que es parte de una cadena cordillerana típica, asociada a una zona de subducción entre las placas Nazca y Sudamericana que generan la formación de los Andes.

En el modelamiento de las unidades geomorfológicas han participado agentes geológicos como la lluvia, el hielo y el viento, sin embargo el control también está dado por las características litológicas y principalmente estructurales.

## 2.2. UNIDADES GEOMORFOLOGICAS LOCALES

Localmente se han identificado 3 unidades geomorfológicas locales (Fig. 2.2) basadas en la morfología y litología. Estas unidades son: zona de cerros, zona de lomas y pampas que se describen a continuación.

### 2.2.1. ZONA DE CERROS

Esta unidad morfológica está ubicado en la parte occidental de la zona de estudio, presenta un relieve montañoso de dirección aproximada NO-SE, con pendientes empinadas y altitudes que varían entre 4400 y 4800 msnm (Foto 2.1).



Foto 2.1. Vista panorámica de las zonas de cerros y lomas, vista tomada hacia el noreste.

La zona de cerros presenta picos con altitudes que alcanzan los 4,800 msnm compuestos por calizas y rocas volcánicas. A continuación se describen los principales cerros.

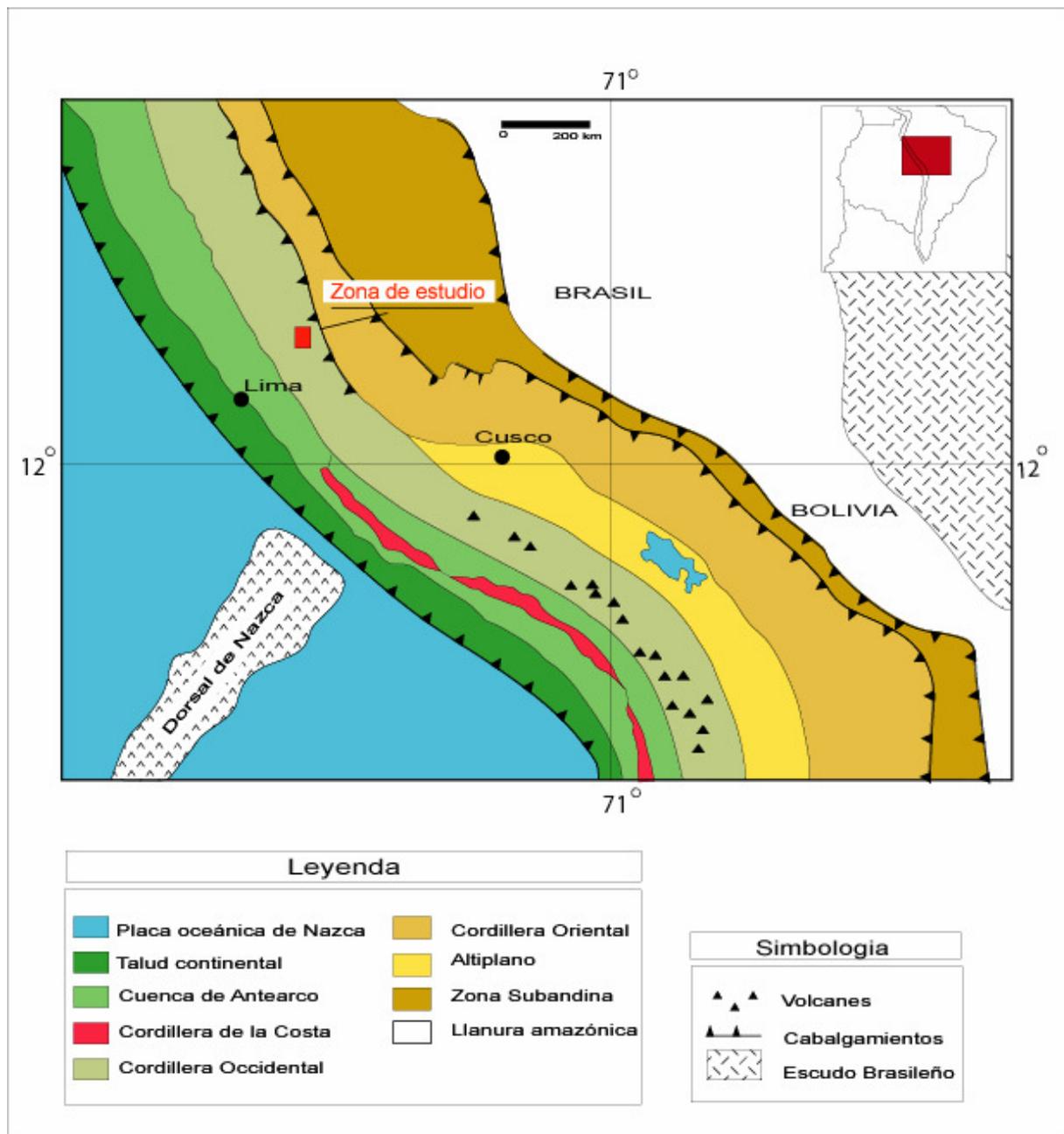


Fig 2.1. Esquema estructural de las principales unidades morfoestructural de los andes centrales (Gansser, 1973 y Jordan et al, 1983).

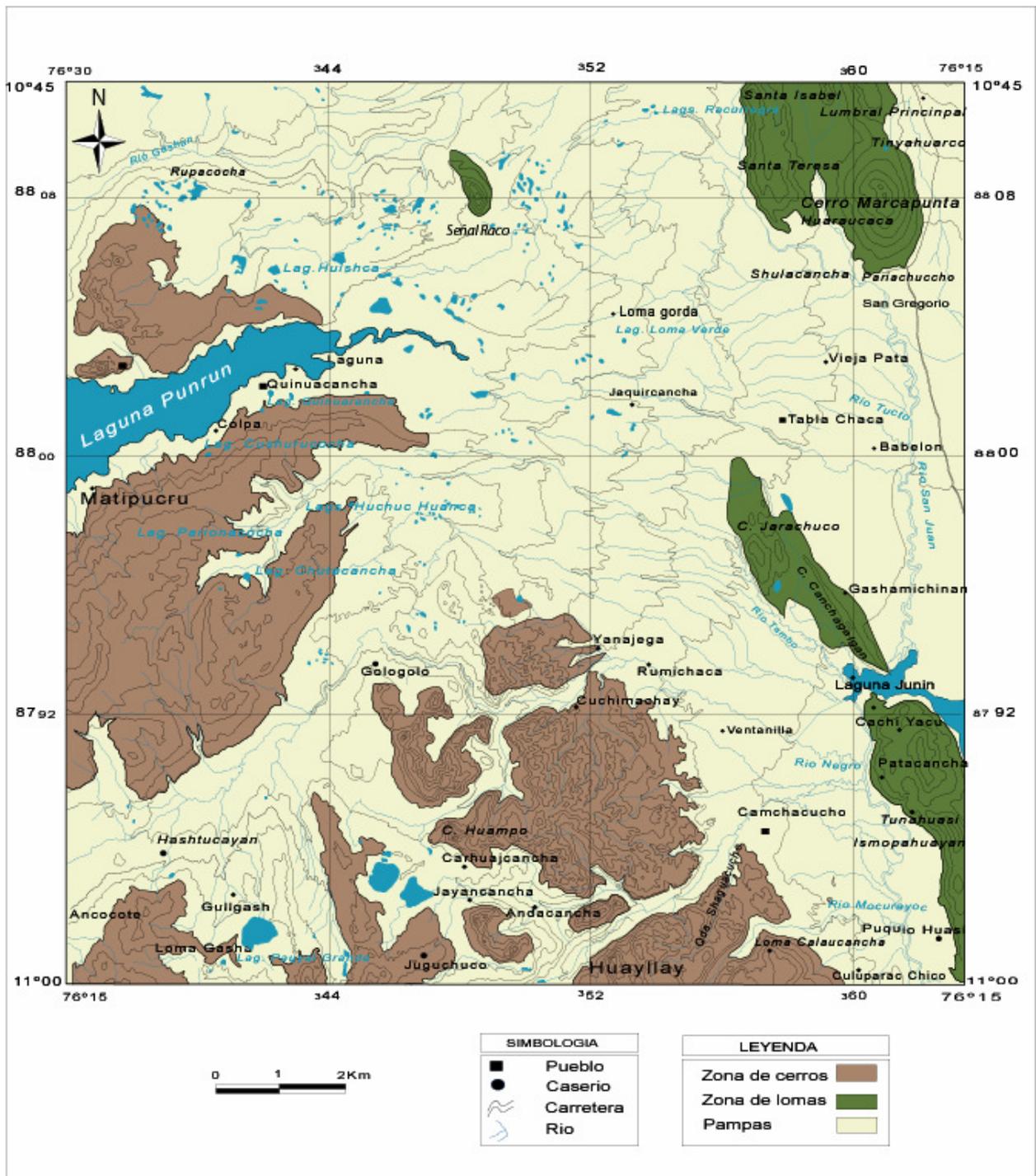


Fig.2.2. Mapa geomorfológico local de la zona de estudio.

### 2.2.1.1. Cerro Yurac Ccacca

Se encuentra en las orillas de la laguna Punrun al noroeste de la zona de estudio. Tiene altitudes de los 4300 a 4700 msnm (Foto 2.2). Litológicamente presentan dacitas porfíricas en forma de diques que cortan a las calizas de la Formación Jumasha.

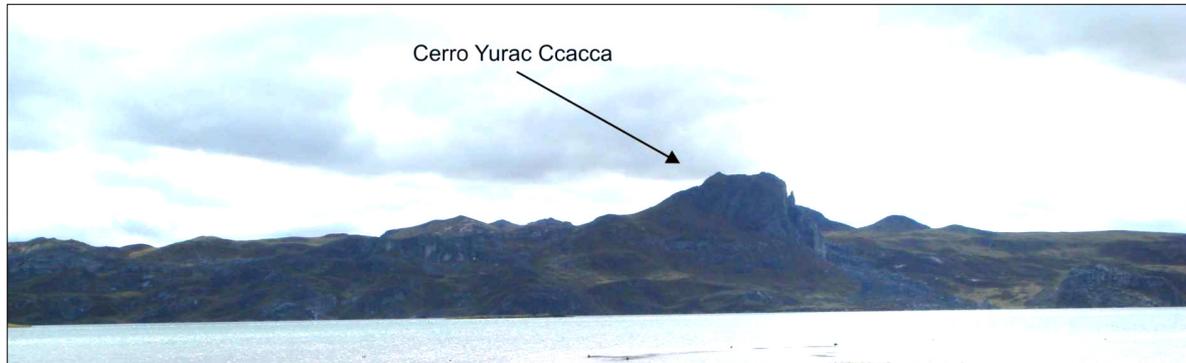


Foto 2.2. Vista panorámica del cerro Yurac Ccacca, vista tomada hacia el noroeste.

### 2.2.1.2. Cerros Huayllay

Se ubica en la parte sur de la zona de estudio. Tienen una dirección SE-NO, con altitudes entre los 4500 y 4600 msnm (Foto 2.3). Presenta una morfología ondulada y agreste, con presencia de estructuras de disyunción columnar bien desarrollada (Foto 2.4), al intemperizarse forman paisajes que asemejan a árboles nudosos y retorcidos que comúnmente es conocido como “bosque de piedras”.

Litológicamente están formados por depósitos de flujos de líticos y pómez pertenecientes a la Formación Huayllay.



Foto 2.3. Vista panorámica de los cerros Huayllay, tomada hacia el noroeste.



Foto 2.4. Rocas volcánicas con disyunción columnar de la Formación Huayllay en el sector de Andacancha, vista tomada hacia el noreste.

### 2.2.2. ZONA DE LOMAS

Esta unidad geomorfológica se distingue porque sobresale del terreno plano de las pampas (Foto 2.5). Presenta una superficie de forma suavemente ondulada, con altitudes que varían entre los 4200 y 4400 msnm. Litológicamente esta formado por calizas del Grupo Pucará y rocas volcánicas de la Formación Huayllay.



Foto 2.5. Vista panorámica de las lomas, tomada hacia el noroeste.

### 2.2.3. PAMPAS

Esta unidad ocupa la mayor parte de la zona de estudio. Constituyen las zonas mas bajas con relieve relativamente horizontal (Foto 2.6), que tiene una altitud promedio de 4200 msnm. Se encuentran cubiertos por depósitos cuaternarios.



Foto

2.6. Vista panorámica de las pampas de la Meseta de Bombón, al fondo la Cordillera Occidental, vista tomada hacia el noreste.

### 2.3. CLIMA

En general el clima es frío y seco, caracterizado por una alternancia de una estación seca o estival (abril a agosto), otra con precipitaciones pluviales incipientes (septiembre a diciembre) y finalmente tres meses con mucha lluvia (enero a marzo).

La estación estival o de sequía está caracterizada por ser frígida y seca. La estación estival coincide con la mínima precipitación fluvial, en las noches predominan heladas por debajo de los 0° C.

En la estación lluviosa, la temperatura del día puede sobrepasar los 12 °C en tanto que las noches descienden por debajo de 0 °C, se caracteriza por un período lluvioso entre los meses de enero a marzo.

### 2.4. VEGETACIÓN

Entre los 4000 y 4800 msnm la vegetación es escasa, se caracteriza por el ichu (*Muticia hirsuta*) (Foto 2.7), xerófitas, puya de Raimondi (*Puya herrerae*), etc. Entre los cultivos agrícolas se tienen quinua, kañiwa y maca. La vegetación natural sirve como forraje para los auquénidos, como también para el ganado vacuno y ovino.

Los cultivos y la vegetación natural son afectados por el intenso frío, como por el sobrepastoreo y la intensa erosión superficial que ocurre en la zona.



Foto

2.7. Ichu y pastos nativos de la Meseta de Bombón, vista tomada hacia el noroeste

### 2.5. HIDROGRAFIA

Las aguas de escorrentía superficial que llegan a la zona de estudio son recolectadas por el río Mantaro, gran parte de los tributarios de este río nacen en la Cordillera Occidental procedentes de la Cordillera La Viuda, Puagjanca y el nevado Alcaay que desemboca directamente al lago Junín o Chinchaycocha.

El caudal de las aguas es mayor durante el período de las precipitaciones pluviales, en período de estiaje las descargas son de menor caudal recorriendo el río en forma de meandros (Foto 2.8).



Foto 2.8. Vista panorámica del río Mantaro, vista tomada hacia el noroeste.

## 2.6. LAGUNAS

La zona de estudio presenta lagunas de distintos tamaños, desde un 1 km<sup>2</sup> hasta 15 km<sup>2</sup>. Las lagunas más importantes son Punrun y Junín.

La laguna Punrún (Foto 2.9) está ubicada en parte noroeste de la zona de estudio al sur del cerro Yurac Ccacca, que tiene un área superficial de 15 km<sup>2</sup>.



Foto 2.9. Laguna Punrún, vista tomada hacia el noroeste en el sector de Matipucru.

La laguna Junín (Foto 2.10), esta ubicada al sureste de la zona de estudio, cerca al caserío de Chonyumarca, que tiene una extensión superficial aproximada de 3 km<sup>2</sup>. Esta laguna tiene un origen fluvial, siendo sus principales afluentes los ríos San Juan, Yahuar Mayo y Tambo.



Foto 2.10. Vista panorámica de la laguna Junín, tomada hacia el noreste en el sector de Cachi Yacu.

## **CAPITULO III**

### **ESTRATIGRAFIA**

### **3.1. INTRODUCCIÓN**

En la zona de estudio las unidades litoestratigráficas abarcan desde el Paleozoico hasta el Cenozoico, la zona de trabajo fue estudiada regionalmente por varios autores como son: Harrison (1940), Boit (1962), Cobbing & Quispesivana (1996) y Ángeles (1999).

En los trabajos de campo se realizó el levantamiento de 7 columnas estratigráficas que fueron interpretados mediante el análisis de facies (Miall, 1978) y el análisis de elementos arquitecturales (Miall, 1985).

### **3.2. DESCRIPCIÓN DE FACIES**

Una litofacies, es una unidad de roca definida en base a sus características litológicas, composición clástica, tamaño de grano y estructura sedimentaria. Cada litofacies representa un evento sedimentario único, para la descripción de litofacies se ha utilizado la nomenclatura de Miall (1978) (Tabla 3.1).

### **3.3. DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS ARQUITECTURALES**

La descripción de la roca involucra la definición de litofacies y el reconocimiento de las asociaciones de litofacies, que nos permite la subdivisión de una sucesión clástica en una unidad de tres dimensiones. Un elemento arquitectural es un litosoma caracterizado por su geometría, composición de facies y escala, es un producto depositacional debido a un proceso particular, o varios procesos que ocurren dentro de un sistema depositacional. Los elementos arquitecturales son dóciles para una clasificación descriptiva y genética, de acuerdo a como la compongan las litofacies que se basa en ocho elementos básicos (Miall, 1985, 1996) (Tabla 3.2) (Fig. 3.1).

Tabla 3.1. Identificación de litofacies de Miall (1978 modificado).

<b>Código</b>	<b>Litofacies</b>	<b>Estructuras sedimentarias</b>	<b>Interpretación</b>
Gmm	Conglomerados masivos, con soporte de matriz	Débilmente gradado	Flujos de detritos de alta energía
Gmg	Conglomerados con soporte de matriz	Gradación normal e inversa	Flujos de detritos de baja energía
Gci	Conglomerados con soporte de clastos	Gradación inversa	Flujo de detritos rico en clastos
Gh	Conglomerados estratificadas	Laminación horizontal, imbricaciones	Cuerpos longitudinales, depósitos de lag. y depósitos de tipo "sieve"
St	Arenisca, fina, muy gruesa, a veces conglomerádica	Laminación cruzada, solitaria, o en grupo	Relleno de canales
Sr	Arenisca, muy fina a gruesa	Ripples, laminación cruzada	Ripples (flujo de bajo régimen)
Sh	Arenisca, muy fina a gruesa, a veces conglomerádica	Laminación horizontal	Flujo planar (flujo crítico)
Sm	Arenisca fina a gruesa	Masiva o laminación débil	Depósitos de flujo de gravedad
Fl	Arenisca y lutitas	Laminación fina e intercaladas, ripples muy pequeños	Depósitos de desbordamiento y de inundación, canales abandonados
Fm	Lutitas	Masiva o laminada, grietas de desecación, restos de plantas y animales	Depósitos de desbordamiento y de inundación, canales abandonados y depósitos lacustres
L	Calizas	Masivas o laminadas	Depósitos lacustres
V	Depósitos piroclásticos	Masivos	

Tabla 3.2. Elementos arquitecturales (Miall, 1985; modificado).

<b>Elemento</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Asociaciones de facies</b>	<b>Interpretación</b>
Canales	CH	Cualquier combinación	Dedos, lentes u hojas, base cóncava y erosional, escala y forma altamente variable, son comunes las superficies de erosión
Cuerpos y barras de conglomerados	GB	Gm, Gp, Gt	Lentes, capas, usualmente cuerpos tabulares; comúnmente interestratificadas con "SB"
Cuerpos arenosos	SB	St, Sh, Sl, Sr, Ss	Lentes, hojas, capas, mantos, se presentan como rellenos de canal, crevasse splays, barras menores
Macroformas de acreción hacia abajo	DA	St, Sh; comúnmente Gh y Gt	Lentes, base acanalada
Huecos de erosión	HO	Gh, Gt, St y Sh	Huecos en forma de surco con relleno asimétrico
Flujos de sedimentos por gravedad	SG	Gmm, Gmg, Gci, Gcm	Lóbulos, hojas estratificados con GB
Areniscas laminadas en hojas	LS	Sh, Sl, Sr	Hojas, capas
Finos de desbordamiento de canal	OF	Fm, Fl	Capas delgadas o gruesas; comúnmente interestratificados con SB; pueden rellenar canales abandonados
Finos fluvio-lacustres	FL	Fm, Fl a veces L	Capas delgadas y extensas, abundante fauna de agua fresca
Finos lacustres	FF	Fm, L a veces Fl	Capas delgadas y gruesas lateralmente extensas

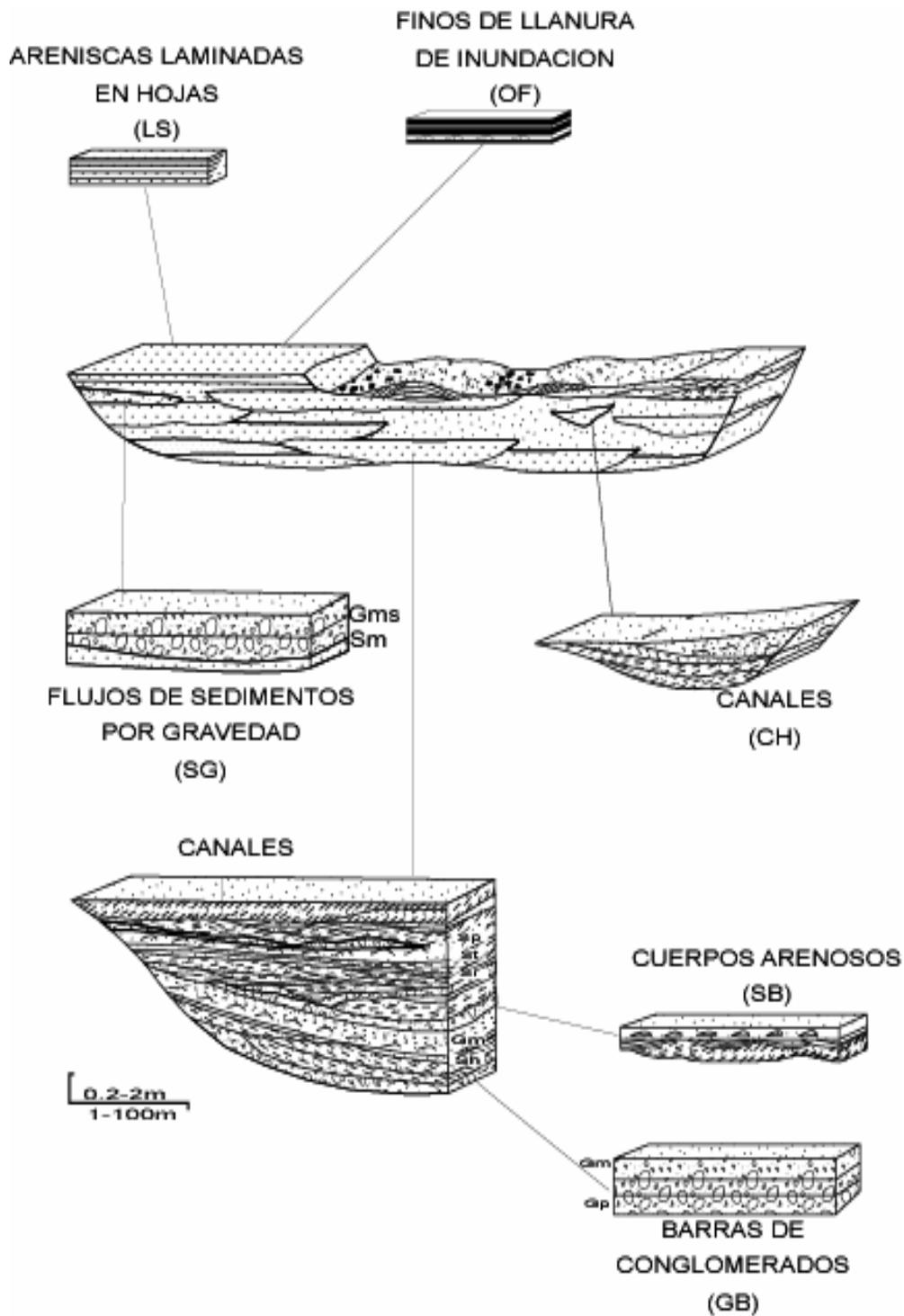


Fig. 3.1. Representación gráfica de los elementos arquitecturales según Miall (1985).

### 3.4. DOMINIOS PALEOGEOGRAFICOS-MORFOESTRUCTURALES

Para un mejor estudio se han dividido en dos dominios paleogeográficos y morfoestructurales importantes siendo el Dominio Este y el Dominio Oeste que están limitados por la falla del río Mantaro.

El Dominio Este, está caracterizado por sucesiones sedimentarias cuyas edades van desde el Paleozoico hasta el Cenozoico y recubierta por depósitos cuaternarios (Figs. 3.2. y 3.3.). Mientras que el Dominio Oeste está caracterizado por sucesiones sedimentarias que van desde el Mesozoico hasta el Cenozoico (Figs. 3.2. y 3.3.), estas sucesiones sedimentarias se encuentran recubiertas por depósitos cuaternarios.

#### 3.4.1. DOMINIO ESTE

##### 3.4.1.1. Grupo Mitu (Pérmico superior-Triásico inferior)

Mc Laughlin (1924) propone esta denominación a una serie detrítica de color rojo. Aflora al noreste de la zona de estudio en el cerro Marcapunta (Fig. 3.3) donde sobreyace en forma discordante erosional al Grupo Excelsior e infrayace al Grupo Pucará en forma concordante (Foto 3.1).



Foto 3.1. Contacto entre el Grupo Mitu y el Grupo Pucará en el cerro Marcapunta, vista tomada hacia el noreste.

Litológicamente el Grupo Mitu presenta dos unidades, una sedimentaria y la otra volcánica. En la zona de estudio el mitu está formado por conglomerados de composición polimíctica, con clastos subangulosos a subredondeados englobados en una matriz arenosa de grano fino y de color rojo ladrillo.

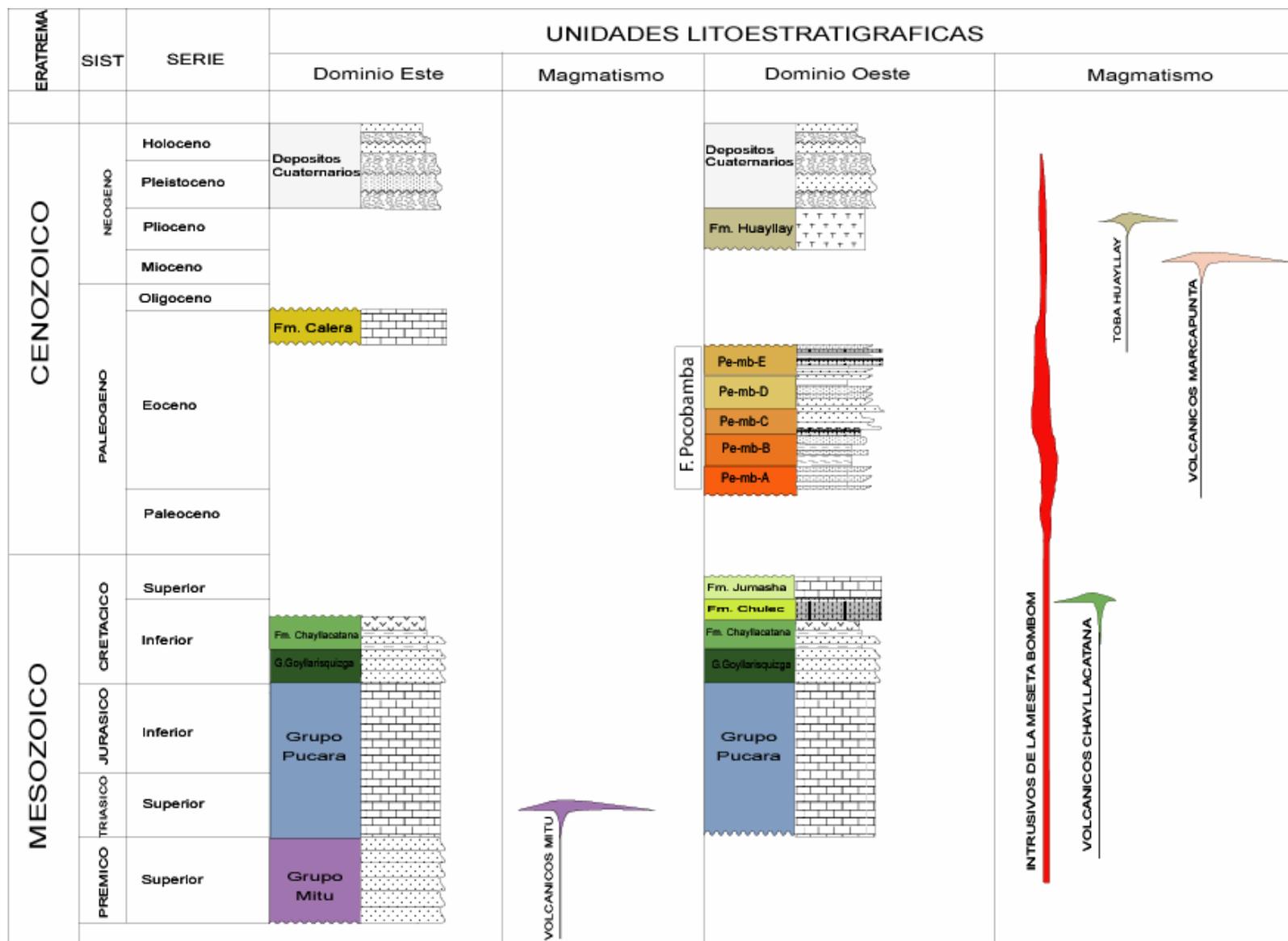


Fig. 3.2. Columna estratigráfica general de la zona de estudio.



Boit (1962) registró fósiles de *corales Chaetetes* silificados en Huachuacaca a unos 2.5 km al oeste de la Mina Colquijirca, asignándole una edad Pérmica. En Huancayo Campos & Mégard (1979) reportan dataciones K/Ar que dan una edad de  $260 \pm 25$  Ma mientras que en el sur Klink et al. (1993) obtienen una edad de  $272 \pm 10$  Ma con el método K/Ar. Por posición estratigráfica y por dataciones realizadas en zonas próximas a la zona de estudio se le asigna una edad Pérmico superior-Triásico inferior.

Fuera de la zona de estudio en las coordenadas UTM: N 8 796086, E 385258 en el distrito de Carhuamayo quebrada Cotan, Carlotto et al. (2005) levantaron una columna estratigráfica (Fig. 3.4) donde el Grupo Mitu (Foto 3.2) sobreyace al Grupo Tarma e infrayace en forma concordante normal al Grupo Pucará (Foto 3.3), sin embargo en este trabajo se hizo la interpretación de la columna que a continuación se describe.



Foto

3.2. Rocas volcánicas del Grupo Mitu, vista tomada hacia el oeste en el poblado de Carhuamayo.

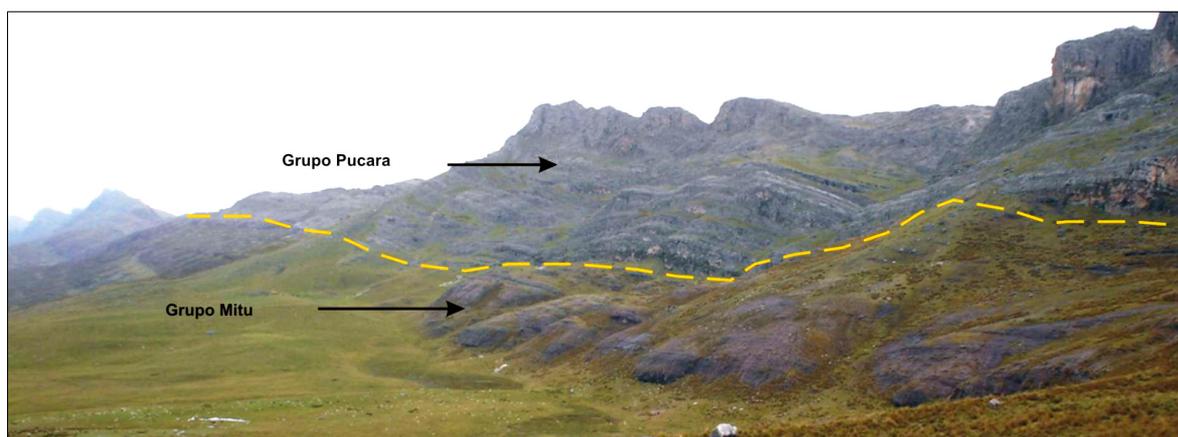


Foto 3.3. Contacto concordante entre los grupos Mitu y Pucará, vista tomada hacia el noroeste.

### Espesor y litología

La columna estratigráfica tiene un espesor de 245 m. Hacia la base está formado por una intercalación de coladas volcánicas y conglomerados con clastos de diámetro mayor de 80 cm

principalmente volcánicos subangulosos a subredondeados con matriz arenosa, hacia la parte media se tiene brechas con intercalación de conglomerados con clastos de diámetro mayor a 30 cm subangulosos a subredondeados. La estructura sedimentaria característica es la base erosiva y que a veces se encuentran imbricaciones.

### **Evolución sedimentaria**

Para su estudio sedimentario la columna estratigráfica de acuerdo al análisis de facies ha sido dividida en cuatro unidades I, II, III y IV grano crecientes, que corresponden a secuencias de tercer orden (Fig. 3.4).

#### **Unidad I**

Esta unidad tiene un espesor de 85 m, está constituido por 3 secuencias grano crecientes de segundo orden y con asociaciones GB y SB.

#### **Unidad II**

Esta unidad tiene un espesor de 55 m, está constituido por 2 secuencias grano creciente de segundo orden y con asociaciones GB y SB.

#### **Unidad III**

Esta unidad tiene un espesor de 45 m, está constituido por 2 secuencias grano creciente de segundo orden y con asociaciones GB, CH y SB.

#### **Unidad VI**

Esta unidad tiene un espesor de 60 m, está constituido por 1 secuencias creciente de segundo orden.

### **Medio de depósito**

De los elementos arquitecturales observados en la columna del Grupo Mitu con secuencias granocrecientes y conglomeradicos indican ambientes de conos aluviales de zonas proximales.

### **Paleogeografía**

Las mediciones de paleocorrientes se hicieron sobre clastos imbricados, contenido en bancos de conglomerados. En la columna la unidad I muestra dos direcciones de corriente la primera ubicada en la base que tiene una direcciones hacia el sureste y hacia el techo tiene una dirección noreste que corresponden a depósitos de conos aluviales proximales a partir de estas medidas paleogeograficas podemos decir que los aportes provenían del oeste.

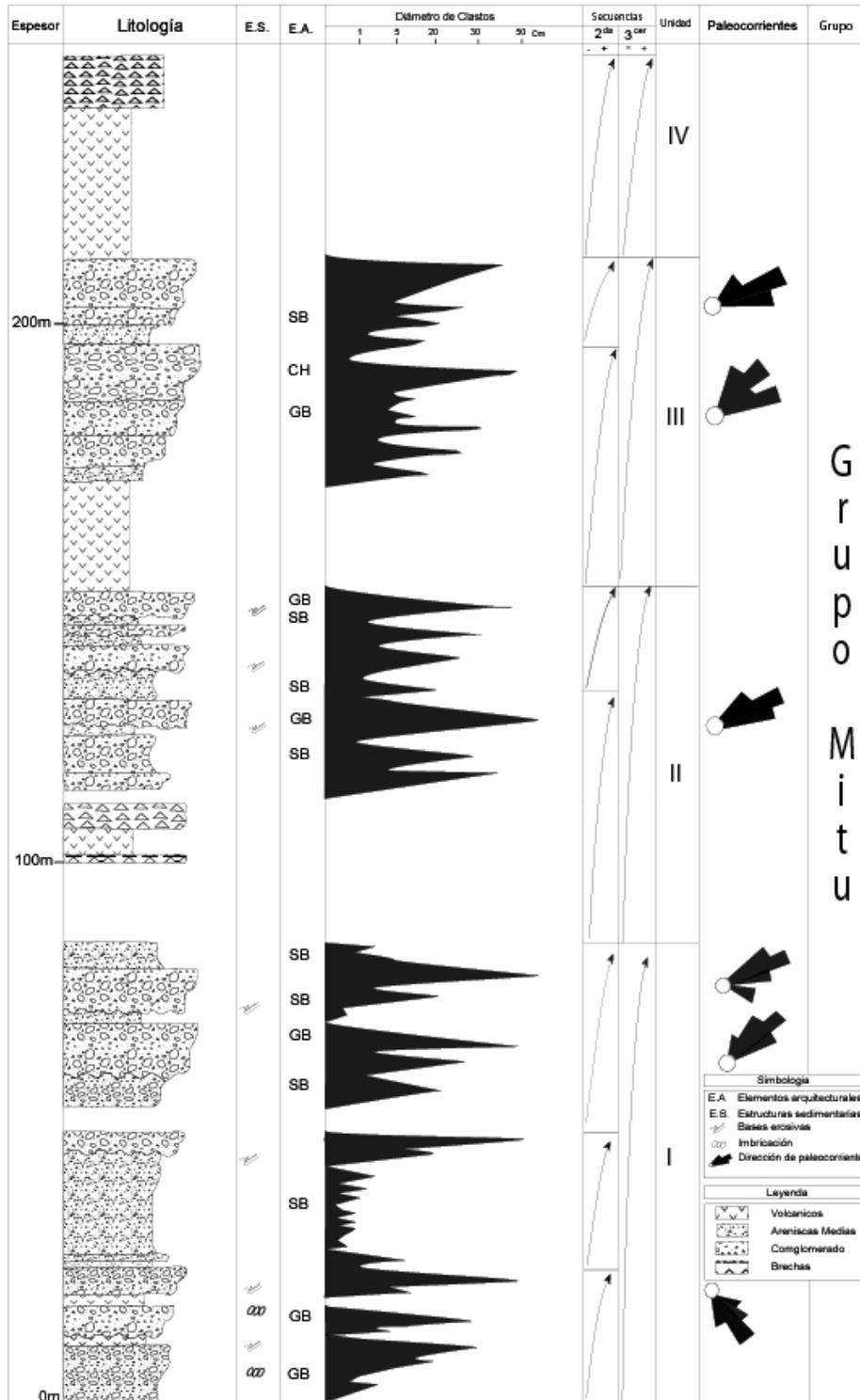


Fig. 3.4. Columna estratigráfica de la Formación Mitu levantada en el poblado de Carhuamayo (Tomado de Carlotto et al., 2005, modificado)

### 3.4.1.2. Grupo Pucará (Triásico superior – Jurásico inferior)

Este término fue empleado por Mc Laughlin (1924) para designar una secuencia que aflora en la localidad de Pucará, posteriormente Wilson & Reyes (1964) reportan afloramientos de calizas delgadas ínterestratificadas con niveles lutáceos correspondientes al Grupo Pucará, similares afloramientos han sido reportados en el norte del Perú bajo la misma nomenclatura por Sánchez & Jacay (1998). En la zona de estudio el Grupo Pucará afloran en la localidad de Santa Teresa, en los cerros Jarachuco, Patacancha y Calaucancho.

Litológicamente está constituida por calizas de color azul claro a gris azulado de aspecto masivo que corresponden a depósitos marinos de plataforma interna (Fig. 3.5) siendo el espesor aproximado total de 900 m (Harrison, 1943) y se subdivide en tres unidades, que corresponden a la Formación Chambara (Soriano-Raetiano), luego la Formación Aramachay (Raetiano superior-Sinemuriano) y hacia la parte superior se tiene la Formación Condorsinga (Sinemuriano superior-Toarciario).

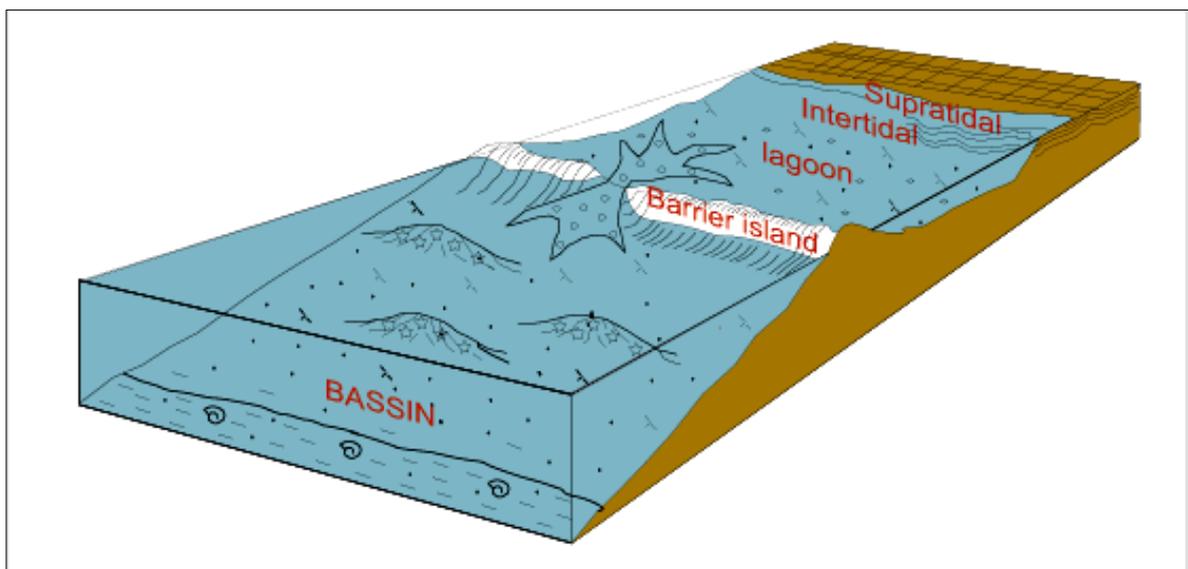


Fig. 3.5. Cuencas carbonatadas con los diferentes medios sedimentarios.

Carlotto et al. (2005) levantó una columna estratigráfica del Grupo Pucará (Fig. 3.6) cerca de la zona de estudio, que tiene un espesor de 836.60 m. Posteriormente fue interpretada mediante la metodología de análisis de facies y secuencias, habiéndose determinado 9 unidades correspondientes a secuencias de tercer orden, de las cuales hasta la Unidad VII se considera como perteneciente a la Formación Chambara, la Unidad VIII corresponde a la Formación Aramachay y la Unidad IX corresponde a la Formación Condorsinga que a continuación describo:

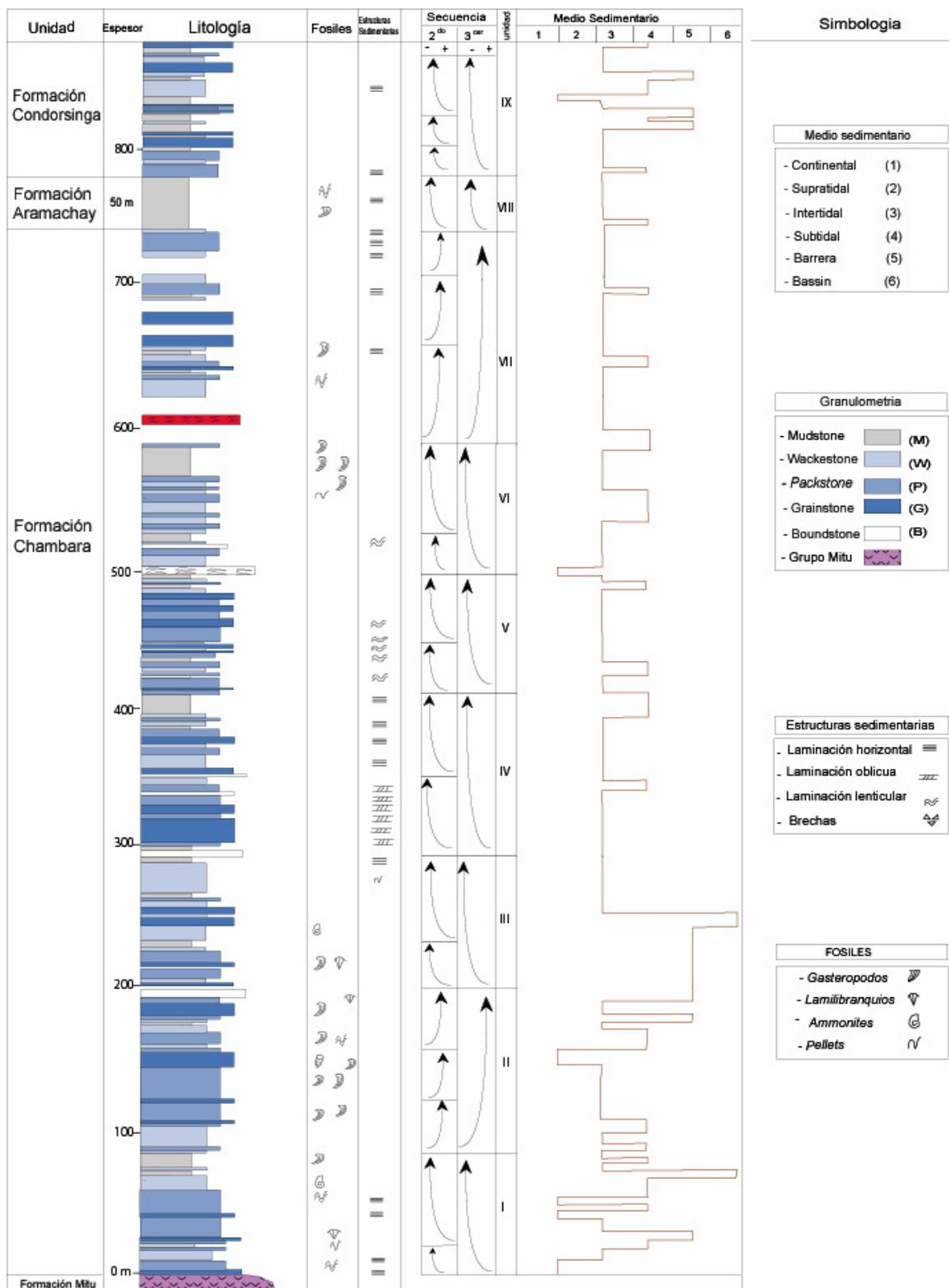


Fig. 3.6. Columna estratigráfica del Grupo Pucará (Tomado de Carlotto et al., 2005, Modificado)

#### 3.4.1.2.1. Formación Chambara (Soriano-Raetiano)

Fue descrita inicialmente por Jenks (1951) y aflora en el distrito de Carhuamayo donde sobreyace en forma concordante el Grupo Mitu e infrayace en forma concordante a la Formación Aramachay.

En la figura 3.6 esta formación tiene un espesor aproximado de 690.51 m y su litología es principalmente carbonatada formado por calizas tipo *mudstone*, *wackestone*, *packstone* y *Grainstone*, que tienden a ser dolomías con coloraciones que van de gris oscuro a gris claro.

Esta formación se dividió en 7 unidades (I-VII) que corresponden a secuencias de tercer orden y 15 secuencias de segundo orden grano decreciente, con presencia de laminaciones horizontales, lenticulares y oblicuas. Presentan fósiles de *Gasterópodos*, *Lamilibranchios*, *Ammonites* y *Pellets*.

El modelo sedimentario se compone hacia la base por facies intertidal subtidal con desarrollo de “lagoon” y barras, mientras hacia la parte superior de la formación se tiene facies intertidales.

Los fósiles que han servido para la datación de esta formación han sido reportados por Mégard (1968) con *braquiópodos* y Prinz (1985) con *bivalvos* con edades del Soriano-Raetiano.

#### 3.4.1.2.2. Formación Aramachay (Sinemuriano inferior a superior)

Mégard (1968) describe inicialmente a la Formación Aramachay y a los estratos de calizas negras bituminosos que sobreyacen e infrayacen en forma concordante normal a la Formación Chambara y Formación Condorsinga respectivamente.

Tiene un espesor aproximado de 50 m (Fig. 3.6) y litológicamente son sedimentos carbonatados formado por intercalación de calizas principalmente *mudstone* y *Wackstone* de coloraciones gris oscuras, también presenta algunos niveles margosos de material orgánico.

Esta formación está representada por la Unidad VIII que corresponde a una secuencia de tercer orden grano decreciente con presencia de laminaciones horizontales y fósiles de *gasterópodos*.

El modelo sedimentario para esta formación son medios intertidales compuesta por sedimentos que representan el momento de mayor alcance de la depositación (facies sedimentarias de cuenca relativamente profunda).

En la zona de estudio no se tienen reportes paleontológicos, pero hacia el sur de la zona estudio se encontraron *Ammonites* (Mégard, 1968), asignándole una edad de Sinemuriano inferior a superior.

#### 3.4.1.2.3. Formación Condorsinga (Sinemuriano superior-Toarciano)

Aflora en el poblado de Carhuamayo donde Mc Laughlin (1924) le asigna este nombre. Sobreyace en forma concordante normal a la Formación Aramachay e infrayace a los depósitos cuaternarios.

Esta formación tiene un espesor aproximado de 96.15 m donde litológicamente esta formado por calizas *mudstone*, *wackestone* y *packstone* de coloraciones gris amarillenta en capas delgadas.

Esta formación esta representada por la Unidad IX que corresponde a secuencias de tercer orden y 3 secuencias de segundo orden grano decreciente, con presencia de laminaciones horizontales.

El modelo sedimentario para esta formación son medios supratidales a intertidal con aguas más someras.

No se identificaron fósiles en esta unidad sin embargo en la zona de Jatunhuasi al sur de la zona de estudio se reportaron *Oxynoticeras*, *Coeloceras*, *Androgynoceras*, *Uptonia*, *Phynoticeras* (Mégard, 1968 y Palacios, 1980) y por la posición estratigráfica se le asigna una edad de Sinemuriano superior-Toarciano.

#### 3.4.1.3. Formación Calera (Paleógeno)

Fue inicialmente estudiado por Mc Laughlin (1924) quién la denominó como las “Calizas Calera”, Jenks (1951) describe esta unidad como Miembro superior de la Formación Casapalca, posteriormente Mc Kinstry (1936, in Jenks, 1951) la elevó al rango de formación.

Esta formación aflora principalmente en el cerro Colquijirca (Fig. 3.3), donde se encuentra cortados por los domos dacíticos de Colquijirja y Marcapunta.

Tiene un espesor aproximado 250 m, donde litológicamente esta formado por calizas, lutitas, brechas sedimentarias y margas, esta unidad es la roca huésped para la mineralización de los yacimientos del tipo epitermal de Colquijirca y Marcapunta (Sarmiento, 2004).

Ángeles (1993, 1999) subdivide esta formación en tres miembros: Calera inferior, Calera medio y Calera superior.

El Calera inferior tiene un espesor aproximado de 64 m y presenta sus mejores afloramientos en la localidad la Calera donde predominan los sedimentos detríticos en la mayor parte finos, de procedencia volcánica y en parte como delgados niveles de conglomerados, hacia el techo termina con alternancias de calizas y calizas margosas es además la roca huésped de la “Brecha Mineralizada” en el flanco norte del yacimiento de Marcapunta.

El Miembro Calera medio tiene un espesor promedio de 150 m, y contiene facies de calizas de coloraciones gris blanquecinas, hacia la parte superior esta constituido por calizas margosas e intercalaciones de argilitas gris verdosas.

Los mejores afloramientos del Miembro Calera superior se tienen en Colquijirca donde se compone de delgadas alternancias de limolitas y chert además de abundante contenido de materia orgánica.

Nobble et al. (1999.) realiza una datación radiométrica de K/Ar sobre biotita en una toba ácida de la parte inferior de la formación dándole una edad entre 36 y 37 Ma. Por lo tanto se le asigna una edad Paleógeno.

#### **3.4.1.4. Depósitos Cuaternarios**

La acumulación durante el cuaternario en este dominio han sido variados y de intensidad cambiante, los depósitos que predominan son fluviales, aluviales y coluviales. Los depósitos Cuaternarios cubren irregularmente a los grupos Mitu y Pucará.

#### **3.4.2. DOMINIO OESTE**

En este dominio afloran unidades litoestratigráficas que van desde el Mesozoico representado por los grupos Pucará, Goyllarisquizga y las formaciones Chayllacatana, Chulec y Jumasha, hasta el Cenozoico representado por las formaciones Pocobamba y Huayllay.

##### **3.4.2.1. Grupo Pucará (Sinemuriano superior – Toarciano superior)**

Aflora en la Loma de Calaucancha y en el cerro Cancha Chuco, donde infrayace en forma concordante al Grupo Goyllarisquizga y en contacto discordante angular a la Formación Huayllay.

Litológicamente está constituida por calizas de color gris amarillento fosilífero y en estratos delgados, corresponden a depósitos marinos de plataforma interna con intercalación de calizas *wackestone*, *packstone* y *grainston*, estas calizas se encuentran fuertemente plegadas y fracturadas.

Mégard (1968), publica una extensa lista de fósiles de la formación y asumió una edad Sinemuriano superior - Toarciano superior. Reportes paleontológicos de *Amonites* de la especie *Arnioceras ceratitoides* tomadas en la localidad de Calaucancha (coordenadas UTM: N 8785282 E 358295, INGEMMET 2007) indican una edad Sinemuriano y pertenecerían a la Formación Chambara, sin embargo por observaciones realizadas en campo y la posición estratigráfica parecen pertenecer a la Formación Condorsinga.

##### **3.4.2.2. Grupo Goyllarisquizga (Cretácico inferior)**

Presenta sus mejores afloramientos en Goyllarisquizga lugar donde proviene su nombre, anteriormente denominado Formación “areniscas Goyllarisquizga Jatunhuasi” por Jenks. (1951). Wilson (1963) lo elevó a la categoría de grupo indicando toda la serie clástica y calcárea que aflora en la cuenca Cretácica Occidental del centro y norte Andino del Perú, en la zona de estudio aflora en el poblado de Huaygaga (cerro Cachiyacu) donde sobreyace en forma concordante al Grupo Pucará e infrayace de la misma forma a la Formación Chayllacatana.

Litológicamente está constituido por areniscas cuarzosas con textura sacaroides por lo general presenta grano medio a grueso, subangulosos a subredondeados y con estratificación cruzada de coloraciones gris rojizas (Foto 3.4).



Foto 3.4. Areniscas cuarzosas del Grupo Goyllarisquizga en la localidad de Huaygaga, vista tomada hacia noreste

En la zona de estudio no se reportan fósiles, pero por estudios realizados en zonas aledañas y por su posición estratigráfica le asignamos una edad Cretácico inferior.

### **3.4.2.3. Formación Chayllacatana (Aptiano superior).**

Fue estudiada por primera vez por Mc Laughlin (1924), luego por Steinmann (1930) quién la denominó como Formación Andina. Yates et al. (1951) define como volcánicos Chayllacatana, posteriormente Mégard (1968) menciona esta unidad, recientemente Romero et al. (2004) presenta las primeras interpretaciones durante el Albiano inferior del Perú Central.

La Formación Chayllacatana aflora en el poblado de Huaygaga, al suroeste de la zona de estudio donde sobreyace concordantemente al Grupo Goyllarisquizga e infrayace en forma concordante normal a la Formación Chulec (Fig. 3.3).

La empresa RTZ Mining and Exploration realizó tres perforaciones en el caserío de Cochamarca (quebrada Jarachuco) distrito de Vico, a 30 km al sur de la ciudad de Cerro de Pasco donde corta a esta formación

Esta unidad formada por dos miembros (A y B), donde el Miembro A está constituido por una facies sedimentaria formada por intercalaciones de conglomerados, areniscas y lutitas, mientras que el Miembro B está constituido por una facies volcánica de composición basáltica.

Soler (1989) realiza los estudios petrográficos y geoquímicos para Cerro de Pasco, indicando que son basaltos intracontinentales alcalinas y que provienen de la fusión parcial del manto subcontinental enriquecido y que su emplazamiento se produjo bajo un régimen tectónico distensivo y no mostrando ninguna huella del proceso de subducción.

Una datación realizada al sureste de la zona de estudio en un basalto por el método  $Ar^{40} / Ar^{39}$  dan una edad de  $109 \pm 1.6$  Ma. (Noble et al., 2000) que pertenece al Albiano. Este nivel volcánico parece pertenecer a la parte superior de la Formación Chayllacatana y en la parte inferior está formado generalmente por rocas sedimentarias (Romero, 2004).

#### 3.4.2.3.1. Descripción de columnas estratigráficas a partir de perforaciones diamantinas

Se describen los testigos de tres perforaciones realizadas por la empresa RTZ denominados taladro BBD-001-95, taladro BBD-002-95 y el taladro BBD-003-95, motivo por el cual la descripción y medición de los espesores se realizan en forma inversa.

##### A. Taladro BBD-001-95

Este taladro se ubica en la quebrada Jarachuco en las coordenadas UTM: N 8797134, E 355343 (Foto 3.5), donde inicialmente corta depósitos cuaternarios seguidamente se tiene las facies sedimentarias pertenecientes al Miembro A de la Formación Chayllacatana. Tiene un espesor total de 363.20 m (Fig. 3.7).



Foto 3.5. Lugar de perforación del taladro BBD-001-95, vista tomada hacia el noreste (quebrada Jarachuco).

### **Espesor y litología del Miembro A**

El Miembro A tiene un espesor de 163.20 m. Hacia la base esta formado por una intercalación de conglomerados, areniscas medias y lutitas con clastos de diámetro mayor 4 cm subangulosos a subredondeados con matriz limosa, hacia la parte media se tiene areniscas finas con limonitas con niveles de canales con clastos mayor de 2 cm subangulosos a subredondeados con matriz limosa, hacia la parte superior presenta una intercalación de areniscas finas y lutitas con un nivele de yeso. La estructura sedimentaria característica es la base erosiva.

### **Evolución sedimentaria del Miembro A**

El Miembro A ha sido dividida en cuatro unidades, la unidades I, II y III son grano decrecientes y la unidad IV es grano creciente, que corresponden a secuencias de tercer orden (Fig. 3.7).

#### **Unidad I**

Esta unidad tiene un espesor de 50.12 m, está constituido por 4 secuencias grano decrecientes de segundo orden y con asociaciones CH, CH+FF.

#### **Unidad II**

Esta unidad tiene un espesor 62.65 m, está constituido por 3 secuencias grano decreciente de segundo orden y con asociaciones CH, CH+FF.

#### **Unidad III**

Esta unidad tiene un espesor de 24.06 m, está constituido por 2 secuencias decreciente de segundo orden y con asociaciones CH.

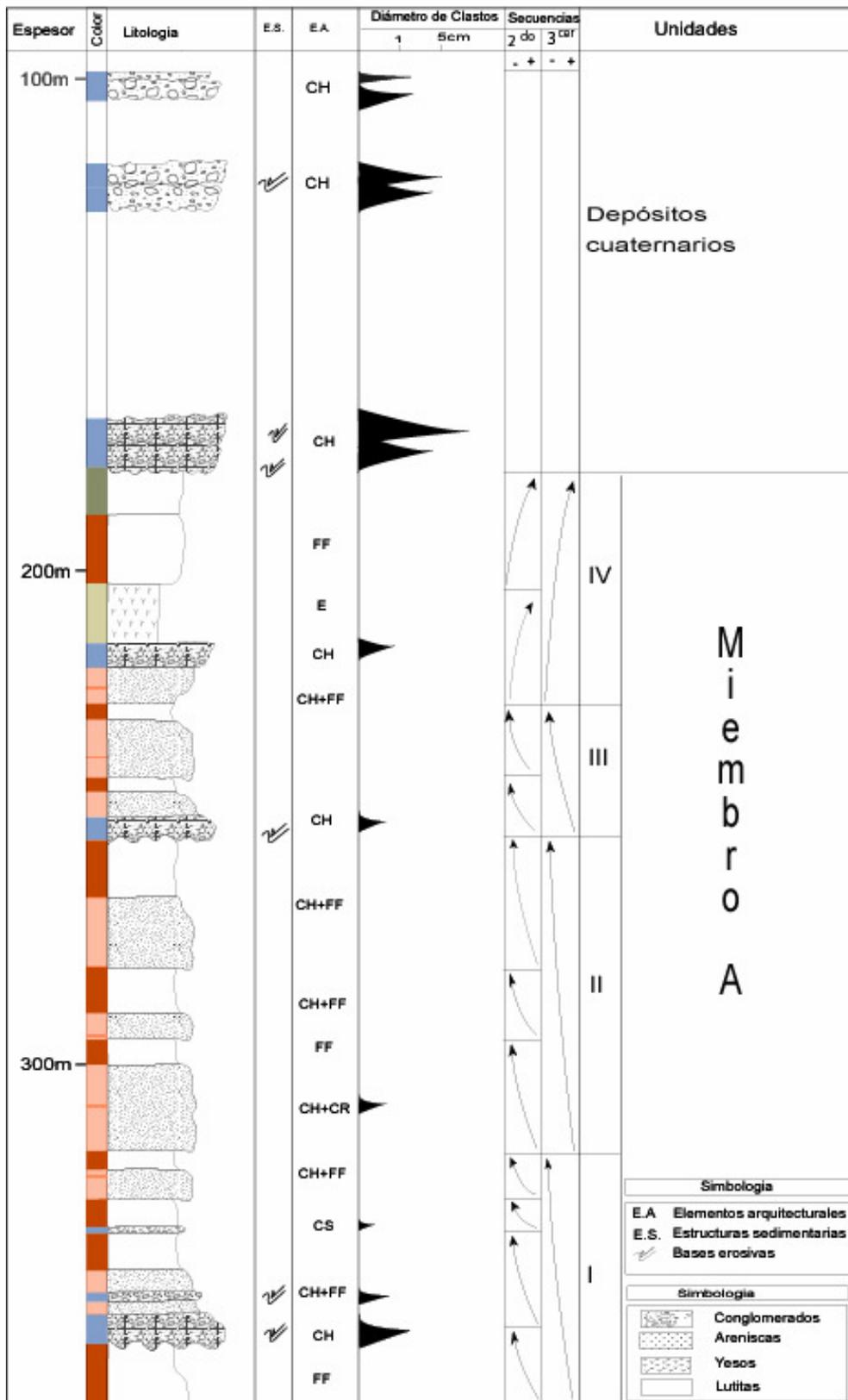


Fig. 3.7. Columna estratigrafica de la Formación Chayllacatana según el taladro BBD - 001 - 95.

## Unidad IV

Esta unidad tiene un espesor de 26.37 m, está constituido por 2 secuencias grano crecientes de segundo orden y con asociaciones CH+FF.

### **Medio de depósito del Miembro A**

De acuerdo al análisis y descripción de elementos arquitecturales observados en el Miembro A del taladro BBD-001-95 con secuencias grano decrecientes hacia la base y grano creciente hacia la parte superior indican ambientes aluviales distales.

### **Depósitos Cuaternarios**

Tiene un espesor total de 200.00 m. formado por gravas, areniscas gruesas a medias con clastos de diámetro mayor 10 cm principalmente cuarcitas subangulosos a subredondeados con una matriz arenoso.

#### **B. Taladro BBD-002-95**

Ubicada en la quebrada Jarachuco en las coordenadas UTM: N 8797842, E 356492 (Foto 3.6) donde inicialmente corta depósitos cuaternarios y posteriormente cortan al Miembro B de la Formación de Chayllacatana que está constituido por lavas basálticas. Esta perforación alcanza una profundidad total de 328.20 m de los cuales 82 m pertenecen a los depósitos fluvio-glaciares, 18 m son calizas que posiblemente pertenezcan a la Formación Chulec y 228.20 m de lavas basálticas pertenecientes al Miembro B de la Formación Chayllacatana (Fig. 3.8).



Foto 3.6. Lugar de perforación del taladro BBD-002-95, vista tomada hacia noreste (quebrada Jarachuco).

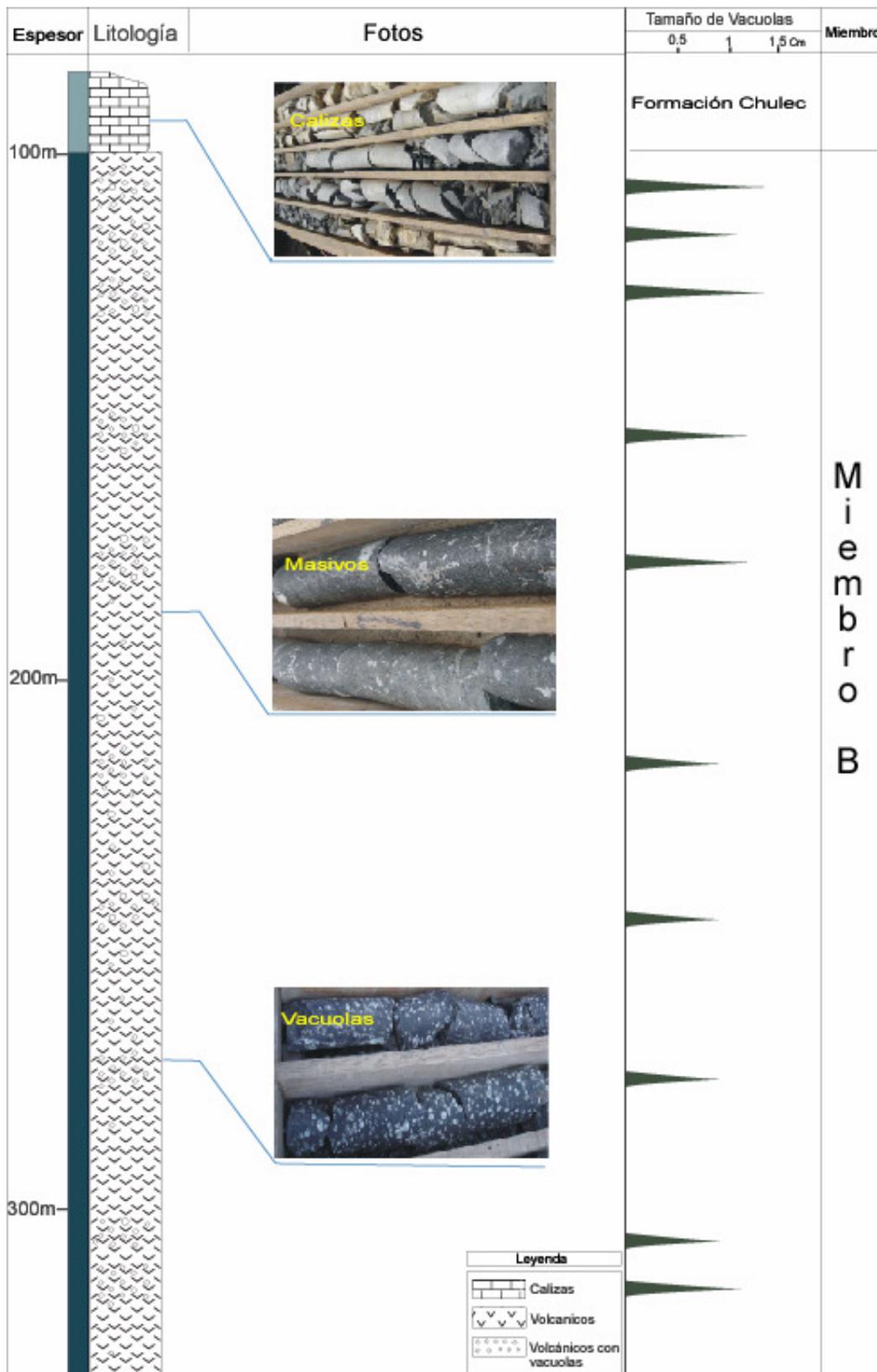


Fig. 3.8. Columna estratigrafica de la Formación Chayllacatana según el taladro BBD-002-95.

### **Espesor y litología del Miembro B**

Este miembro tiene un espesor total de 228.20 m, está compuesto por lavas basálticas con textura porfirítica de coloraciones gris verdoso claros y oscuros, estas lavas tienen espacios vacíos o vacuolas con diámetro promedio 1.2 cm y que son rellenadas con calcita y calcedonia.

A largo de los cores de perforación se observaron espejos de fallas y fracturas, rellenadas por calcita. En la figura 3.8 se muestra la presencia de vacuolas debido al enfriamiento rápido y al contenido de gases de las lavas que posteriormente forman espacios vacíos y luego son rellenadas por calcita.

Las lavas basálticas de grano fino tienen de moderada a fuerte atracción magnética, mientras que los basaltos con alta presencia de vacuolas y grano medio tiene una débil a baja atracción magnética.

### **C. Taladro BBD-003-95**

Este taladro se ubica en la quebrada Jarachuco en las coordenadas UTM: N 8797046, E 356646 (Foto 3.7). El espesor total es de 300.8 m. En este taladro se han identificado los miembros A y B de la Formación Chayllacatana y es la más representativa (Fig. 3.9). Inicialmente corta 56.50 m de depósitos fluvio-glaciares y posteriormente corta lavas basálticas de grano fino representada por el Miembro B con un espesor de 169.50 m y hacia la parte inferior corta al Miembro A con un espesor de 74.8 m.



Foto 3.7. Lugar de perforación del Taladro BBD-003-95, vista tomada hacia el noreste (Quebrada Jarachuco)

### **Espesor y litología del Miembro A**

Este miembro tiene un espesor total de 74.8 m. con coloraciones rojizas y esta formado hacia la base por una intercalación de conglomerados, areniscas y lutitas con clastos de diámetro mayor de 3 cm subangulosos a subredondados con una matriz limosa, hacia la parte media y superior se tiene areniscas finas con limolitas, con clastos de diámetro mayor de 2 cm subangulosos a subredondeados con matriz limosa La estructura sedimentaria característica es la base erosiva.

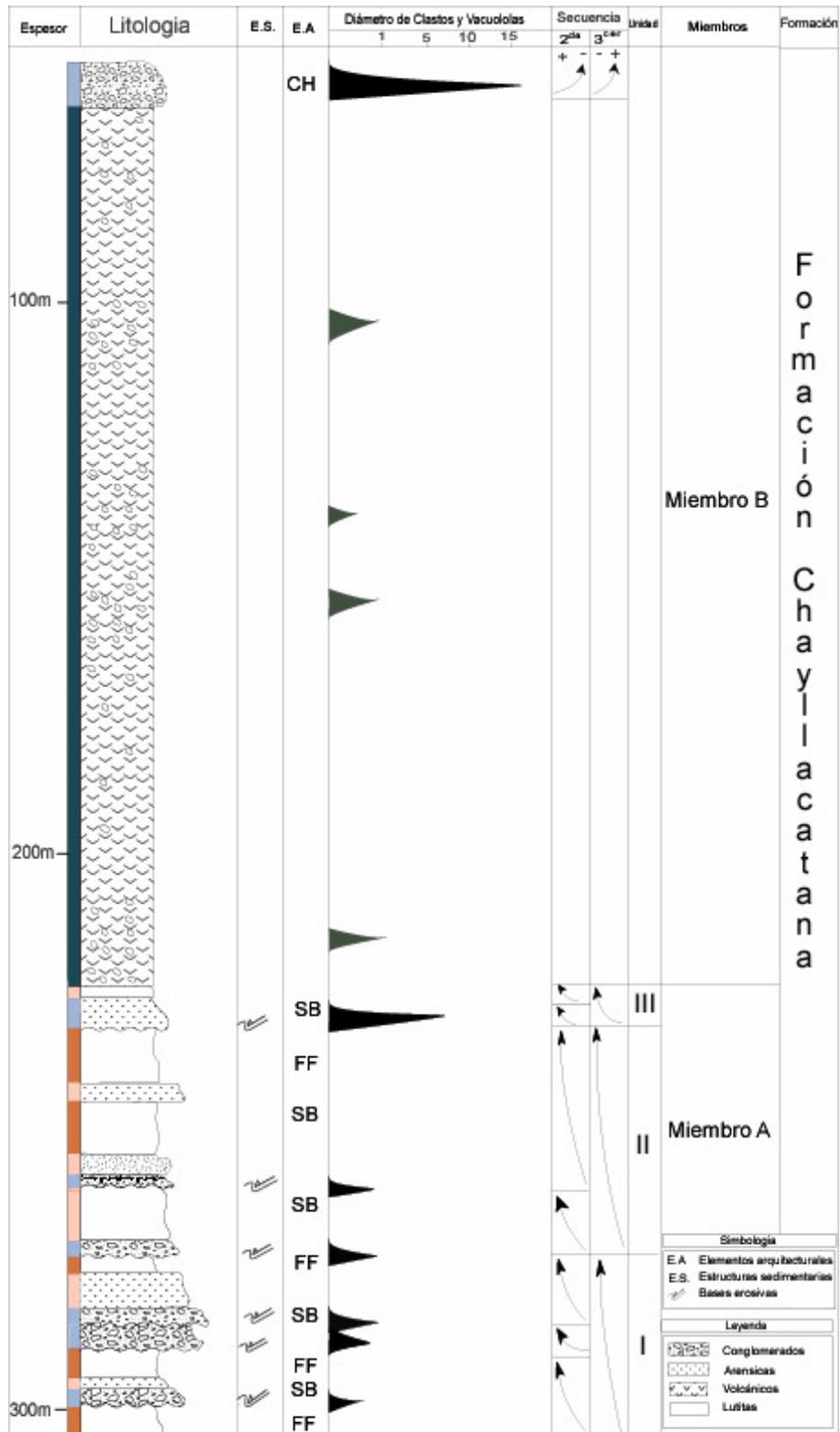


Fig. 3.9. Columna estratigráfica de la Formación Chayllacatana según el taladro BBD - 003 - 95.

## **Evolución sedimentaria del Miembro A**

Este miembro ha sido dividida en tres secuencias grano decrecientes, que corresponden a secuencias de tercer orden y 7 secuencias de segundo orden que corresponde a las unidades I, II, III (Fig. 3.9).

### **Unidad I**

Esta unidad tiene un espesor de 28.65 m, está constituido por 3 secuencias grano decreciente de segundo orden y con asociaciones SB y FF.

### **Unidad II**

Esta unidad tiene un espesor de 41.51 m, está constituido por 2 secuencias de grano decreciente de segundo orden y con asociaciones SB.

### **Unidad III**

Esta unidad tiene un espesor de 8.51 m, está constituido por 2 secuencias de grano decreciente de segundo orden y con asociaciones SB y FF.

## **Medio de depósito del Miembro A**

De acuerdo al análisis de elementos arquitecturales corresponde a un sistema de ríos entrelazados con llanuras de inundación.

## **Litología y espesor del Miembro B**

Este miembro tiene un espesor total de 153.37 m. Está compuesta por lavas basálticas muy fracturadas con textura porfirítica de coloraciones gris verdosa a gris verdoso oscuros. Estas lavas tiene espacios vacíos o vacuolas con diámetro promedio de 1.1 cm y que están rellenas con calcita, calcedonia y tiene una débil alteración a clorita (cloritización).

### **3.4.2.3.2. Descripción de la columna estratigráfica de la Formación Chayllacatana**

Se levantó una columna estratigráfica en las coordenadas, UTM: N 8735485, E 397835 al sureste y fuera de la zona de estudio en el poblado de Marcahuarco. Esta formación infrayace en forma concordante a la Formación Chulec y no se observa el paso a la unidad que sobreyacente.

La columna estratigráfica tiene un espesor total de 143 m. Hacia la base está formado por el Miembro A con un espesor de 95.84 m, luego se tiene al Miembro B con espesor de 47.16 m (Fig. 3.10).

## **Espesor y litología del Miembro A**

Este miembro tiene un espesor de 95.84 m. Hacia la base está formada por rocas sedimentarias de coloraciones rojizas, formadas por una intercalación de lutitas y areniscas. La estructura sedimentaria característica es la base erosiva y que a veces se encuentran imbricadas.

### **Evolución sedimentaria del Miembro A**

El Miembro A ha sido dividida en cuatro unidades I, II, III y IV grano decrecientes que corresponden a secuencias de tercer orden, y 9 secuencias grano decrecientes que corresponden a secuencias de segundo orden (Fig. 3.10).

#### **Unidad I**

Esta unidad tiene un espesor de 16.7 m, está constituido por 3 secuencias grano decrecientes de segundo orden y con asociaciones SB y FF.

#### **Unidad II**

Esta unidad tiene un espesor de 12.5 m, está constituido por 2 secuencias grano decreciente de segundo orden y con asociaciones GB y SB.

#### **Unidad III**

Esta unidad tiene un espesor de 58.31 m, está constituido por 3 secuencias grano decreciente de segundo orden y con asociaciones SB y FF.

#### **Unidad IV**

Esta unidad tiene un espesor de 8.33 m, está constituido por 1 secuencia grano decreciente y con asociación SB.

### **Medio de depósito del Miembro A**

Del análisis sedimentológico de este miembro indican ambientes aluviales de zonas distales con llanuras de inundación

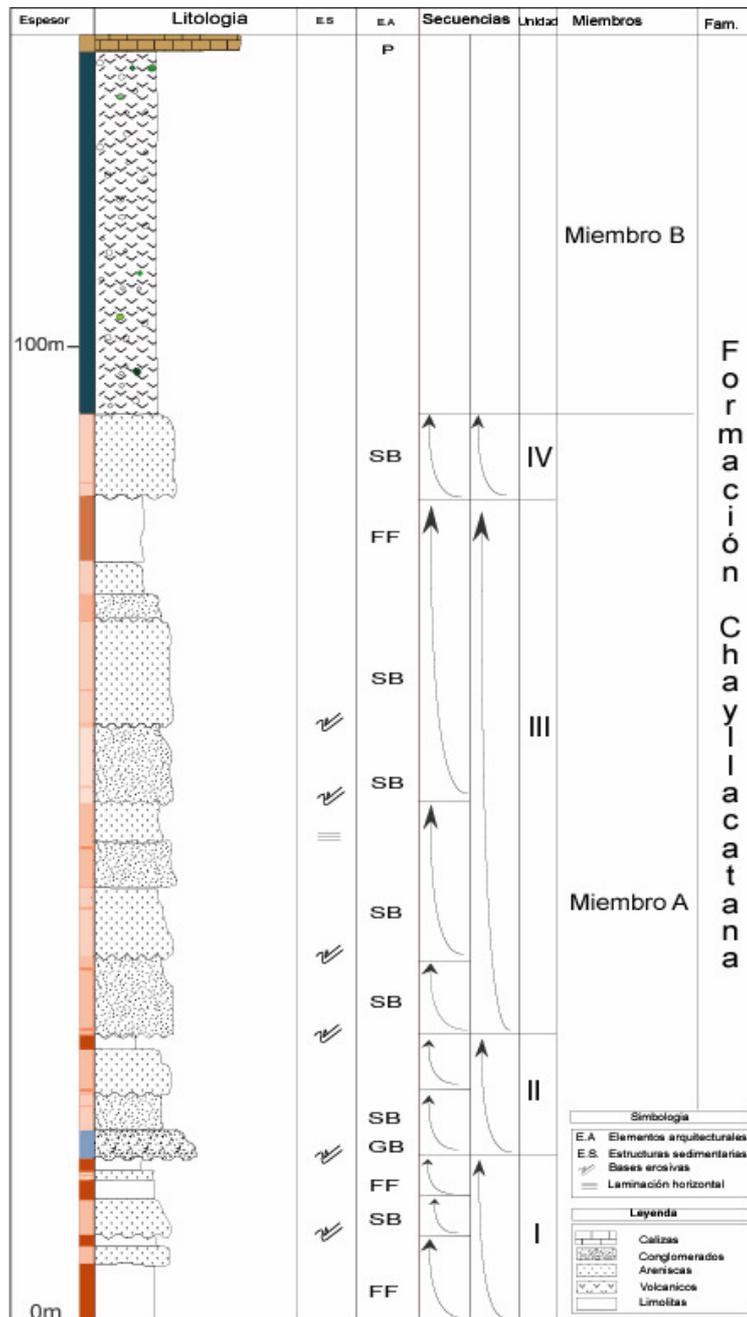


Fig. 3.10. Columna estratigráfica de la Formación Chayllacatana levantada en Mancahuarco, coordenadas UTM: N 8735485, E 397835.

### **Espesor y litología del Miembro B**

Este miembro tiene un espesor de 47.16 m, está compuesto por andesitas basálticas de coloraciones gris oscuras a gris verdosos con textura porfirítica. Estas lavas tienen espacios vacíos o vacuolas que presentan una débil alteración a clorita.

#### **3.4.2.3.3. Correlación estratigráfica de la Formación Chayllacatana**

Las diferentes columnas estratigráficas levantadas en la Formación Chayllacatana han sido correlacionadas. Las columnas estratigráficas I, II y II se encuentran fuera de la zona de estudio, mientras que la columna IV pertenece al taladro BBD-003 y la columna V pertenece a la columna estratigráfica levantada en Marcahuarco (Fig. 3.11).

El Miembro A se correlaciona debido a la similitud litológica de los afloramientos que esta constituida por secuencias granodecrecientes con intercalaciones de, areniscas medias a finas y con algunos niveles de conglomerados.

El Miembro B se correlaciona debido a la similitud mineralógica de las coladas volcánicas de basaltos alcalinos de coloraciones gris oscuras con tono verdoso, relativamente alteradas, siendo una de las características de este miembro la presencia de vacuolas rellenas con calcita y calcedonia.

### **3.4.2.4. Formación Chulec** (Cretácico inferior)

Fue reportado inicialmente por Mc Laughlin (1925) en la región central como Miembro inferior de las calizas Machay; luego Benavides (1956) la elevó a la categoría de Formación Chulec.

Aflora al sureste de la zona de estudio cerca al poblado de Huaygaga (Fig. 3.3), donde sobreyace en forma concordante a la Formación Chayllacatana e infrayace en contacto discordante angular a la Formación Huayllay (Foto 3.8).



Foto 3.8. Niveles de calizas de la Formación Chulec, vista tomada hacia el noreste en el poblado de Calaucancha.

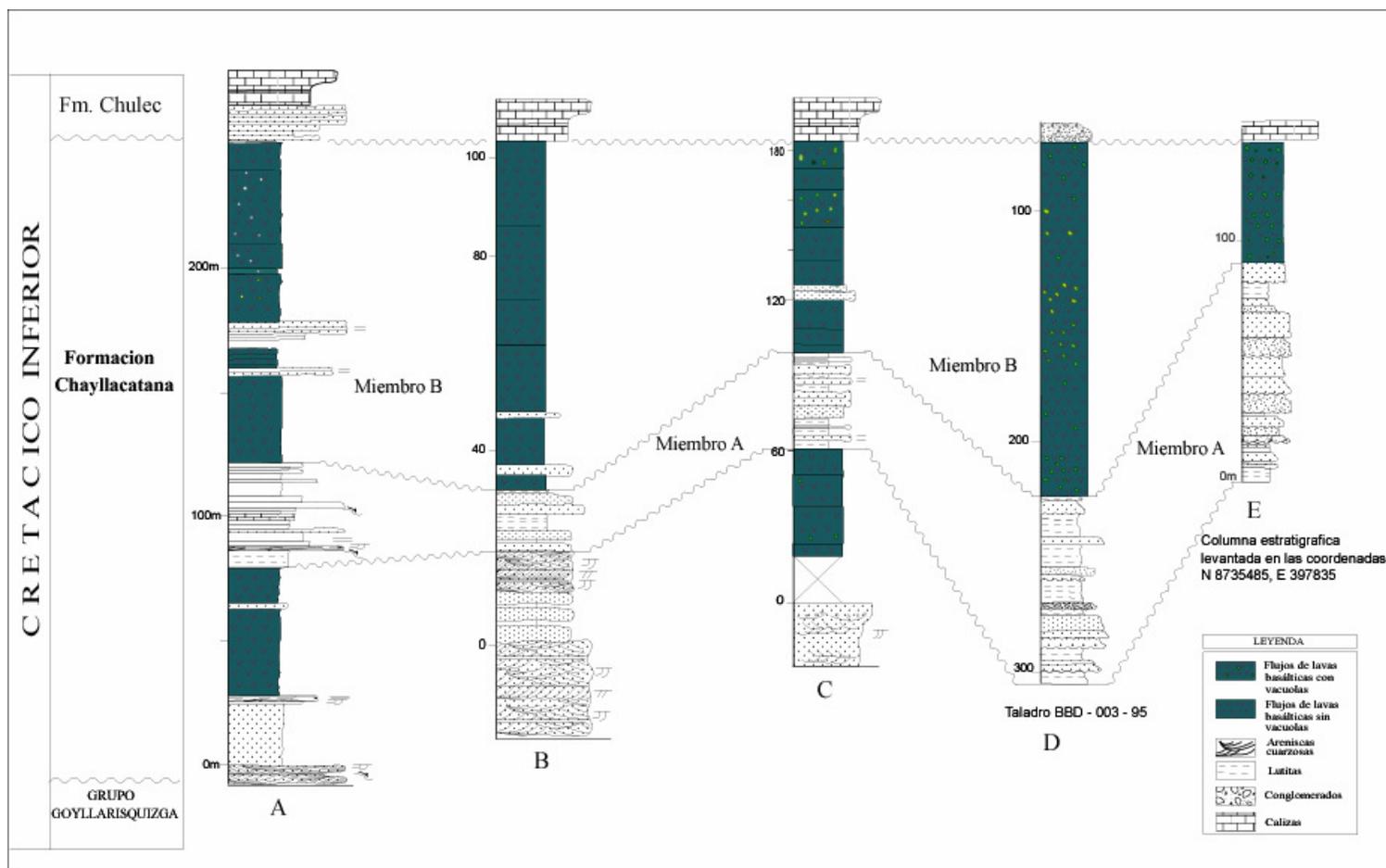


Fig. 3.11. Cuadro de correlaciones estratigráficas de la Formación Chayllacatana (Romero et al., 2005, Modificado)

El espesor aproximado de esta formación es de 30 m y se compone de calizas grises amarillentas del tipo *wackestone* y *packstone* en capas delgadas y estratificadas con intercalación de calizas margosas.

En esta formación no se encontró evidencia paleontológica, sin embargo, por posición estratigráfica se le asigna una edad de Cretácico inferior.

#### **3.4.2.5. Formación Jumasha (Cretácico inferior)**

Fue estudiado inicialmente por Mc Laughlin (1925), tiene sus mejores afloramientos al oeste de la zona de estudio al norte de la laguna Punrun (Fig. 3.3). Sobreyace en forma discordante erosional a la Formación Chulec e infrayace en contacto angular a la Formación Huayllay (Fig. 3.3)

Litológicamente está compuesto por paquetes calcáreos *mudstone* a *wackestone* con coloraciones gris a gris parduscas (Foto 3.9).



Foto 3.9. Calizas masivas de la Formación Jumasha en el cerro Yurac Ccacca, vista tomada hacia el noreste.

En el área estudiada, no se encontraron argumentos paleontológicos para fijar la edad de la formación, sin embargo por la posición estratigráfica le asignamos una edad Cretácico inferior.

#### **3.4.2.6. Formación Pocobamba (Eoceno inferior)**

El estudio de una cuenca sedimentaria, presenta varios niveles de interés, un primer nivel es regional donde el estudio aporta información sobre la estratigrafía y la evolución paleogeográfica de los ambientes sucesivos del relleno, este nivel de investigación puede eventualmente llevar a ubicar acumulaciones sedimentarias de sustancias útiles caracterizar sus modos de yacimientos y su génesis. El segundo nivel de interés es más fundamental ya que se trata del análisis sedimentológico y estructural del relleno de la cuenca y de su substrato nos permitirá reconstruir la geodinámica externa de la cuenca y de sus aportes. Así analizando en sus aspectos sedimentario y tectónico, esta unidad es conocida como la Formación Pocobamba a nivel local, pero a nivel regional se le conoce como la Formación Casapalca.

## ANTECEDENTES

Esta unidad sedimentaria fue mencionada por Mc Laughlin (1924), Jenks (1951), Quispesivana et al. (1996) y Ángeles (1999), quienes hacen referencia a los afloramientos de secuencias rojas referentes a las formaciones Pocobamba y Casapalca.

La Formación Pocobamba aflora en el distrito de Huayllay y en las localidades de Andacancha, Carhuajcancha, Jayancancha, Juguchuco, Colpa Quinuacancha y el poblado de Yurac Ccacca donde se encuentra en contacto angular con la Formación Huayllay.

Mc Laughlin (1924) subrayó su posición fuertemente discordante sobre el Mesozoico y Paleozoico de la Formación Pocobamba.

Jenks (1951) describe y divide en tres miembros una secuencia roja al cual lo llama Formación Casapalca. Estos miembros son denominados Miembro inferior, Conglomerado Chuco y el Miembro Calera.

Quispesivana et al. (1996) y Ángeles (1999) describen los miembros de Jenk como parte de la Formación Casapalca.

Ángeles (1999) menciona que en el Paleógeno, la región de Cerro de Pasco fue el asiento de una sedimentación continental y carbonatada. Los depósitos aluviales distales de la parte inferior de la Formación Pocobamba, así como los depósitos aluviales intermedios a superiores es característico al miembro Chuco que son sedimentos sin tectónicos derivados de la erosión del alto de antepais expuestos durante los movimientos incaicos al oeste de la falla longitudinal, así como al este de la falla del río San Juan- Venenococha (Cerro de Pasco) al norte de la zona de estudio.

No se tiene evidencias paleontológicas en esta unidad, sin embargo, Ángeles (1999) le asigna una edad Eoceno inferior argumentando que los movimientos tectónicos son concomitantes a la Formación Pocobamba y han sido incaicos, estos depósitos sobreyacen a los afloramientos cretácicos en forma discordante e infrayace a la Formación Calera de edad Eocena superior.

Se realizó el levantamiento de una columna estratigráfica en la localidad de Huayllay en la margen izquierda del río San José donde se tiene un espesor de 1600 m divididas en 5 miembros A, B, C, D y E (Fig. 3.12). En base a litología y a las discontinuidades permitirán determinar los diferentes medios y ambientes sedimentarios, las zonas de aporte y los movimientos estructurales existentes para esta época. A continuación se describen los miembros de la columna estratigráfica de la Formación Pocobamba

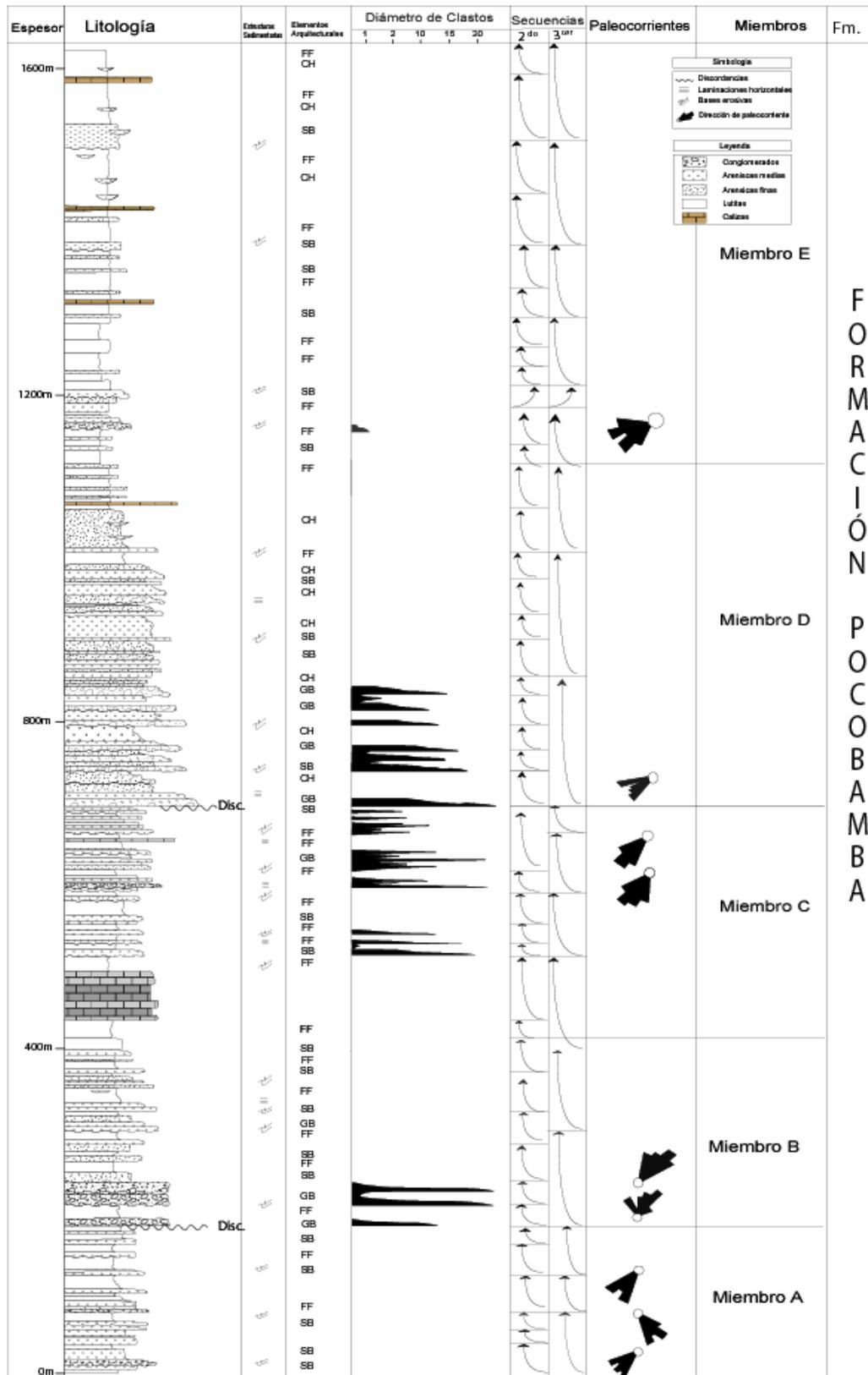


Fig.3.12 . Columna Estratigráfica general de la de la Formación Pocobamba

## 1. Miembro A de la Formación Pocobamba

Aflora al noreste del poblado de Huayllay donde infrayace en contacto angular a la Formación Huayllay (Foto 3.10)

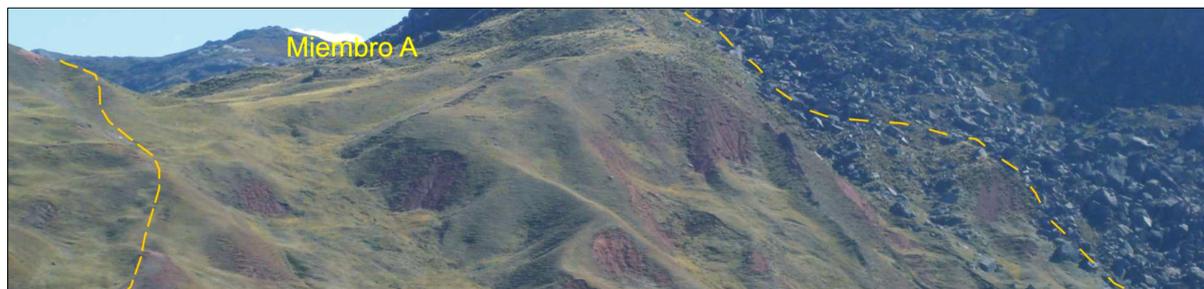


Foto 3.10. Afloramiento del Miembro A de la Formación Pocobamba, vista tomada hacia el noreste en el distrito de Huayllay.

### Espesor y litología

Este miembro tiene un espesor de 162 m (Fig. 3.13). Hacia la base está formado por intercalación de lutitas, areniscas finas y pequeños niveles de conglomerados con clastos subangulosos a subredondeados de diámetro mayor a 2 cm en una matriz arenosa, hacia la parte media y superior se tiene intercalación de lutitas y areniscas finas de color rojo. La estructura sedimentaria característica es la base erosiva y que a veces se encuentran imbricadas.

### Evolución sedimentaria

El Miembro A ha sido dividida en tres unidades I, II y III grano decrecientes que corresponden a secuencias de tercer orden (Fig. 3.13).

#### Unidad I

Esta unidad tiene un espesor de 67 m, está constituido por 3 secuencias grano decrecientes de segundo orden y con asociación GB, SB y FF.

#### Unidad II

Esta unidad tiene un espesor de 41 m, está constituido por 2 secuencias grano decreciente de segundo orden y con asociaciones SB y FF.

#### Unidad III

Esta unidad tiene un espesor de 54 m, está constituido por 3 secuencias grano-decrecientes de segundo orden y con asociaciones SB y FF.

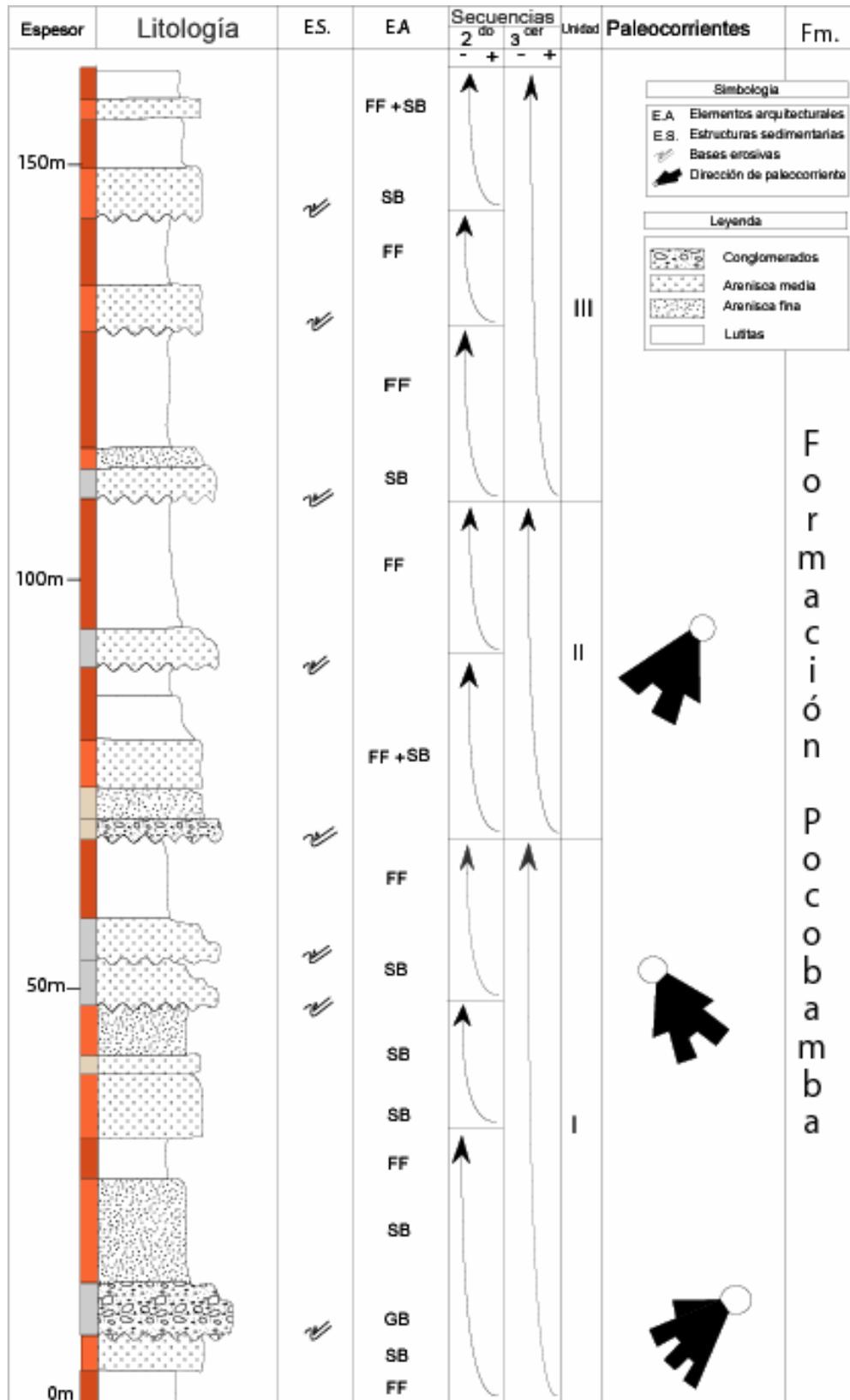


Fig. 3.13 Columna estratigráfica del Miembro A, de la Formación Pocobamba

### **Medio de depósito**

Las secuencias grano decrecientes de este miembro, indican ambientes aluviales distales que rellenaron la cuenca.

### **Paleogeografía**

Del análisis de paleocorrientes del Miembro A muestra dos direcciones de corriente, en la base de la Unidad I indican direcciones hacia el suroeste y hacia el techo tiene una dirección sureste, luego en la Unidad II se tiene una dirección suroeste, estas variaciones de direcciones estarían controlados por el sistema de Fallas Chonta y Falla del río Mantaro.

## **2. Miembro B de la Formación Pocobamba**

Aflora en el poblado de Huayllay (Foto 3.11) donde sobreyace en forma discordante angular al Miembro A e infrayace en forma concordante al Miembro C.



Foto 3.11. Afloramiento del Miembro B de la Formación Pocobamba, vista tomada hacia el noroeste en el distrito de Huayllay.

### **Espesor y litología**

Este miembro tiene un espesor de 180.89 m (Fig. 3.14). Hacia la base está formado por conglomerados con clastos principalmente de cuarcita subangulosos a subredondeados de diámetro mayor a 20 cm en una matriz arenosa, hacia la parte media y superior se tiene una intercalación de areniscas de grano medio a fino con lutitas. La estructura sedimentaria característica es la base erosiva con algunas lamiaciones horizontales.

### **Evolución sedimentaria**

Este miembro ha sido dividida en tres unidades I, II y III grano decrecientes que corresponden a secuencias de tercer orden (Fig. 3.15).



## Unidad I

Esta unidad tiene un espesor de 100 m, está constituido por 5 secuencias grano decrecientes de segundo orden y con asociaciones GB, SB y FF.

## Unidad II

Esta unidad tiene un espesor de 41 m, está constituido por 2 secuencias grano decreciente de segundo orden y con asociaciones GB, SB y FF.

## Unidad III.

Esta unidad tiene un espesor de 39.89 m, está constituido por 3 secuencias grano-decrecientes de segundo orden y asociaciones SB y FF.

### **Medio de depósito**

De los elementos arquitecturales observados con secuencias grano decreciente y conglomerados indican ambientes fluviales alternando con medios fluviales arenosos y llanuras de inundación, en donde se desarrollan pequeños canales secundarios o de crecidas.

### **Paleogeografía**

Las mediciones de paleocorrientes se hicieron sobre clastos imbricados en bancos de conglomerados. En la columna la Unidad I muestran direcciones de corriente hacia el noreste. Del análisis de paleocorrientes podemos indicar que los aportes sedimentarios provenían del suroeste.

### **3. Miembro C de la Formación Pocobamba**

Aflora en la localidad de Huayllay quebrada Andacancha (Foto. 3.12) donde sobreyace en forma concordante al Miembro B e infrayace en forma discordante al Miembro D.



Foto 3.12. Calizas del Miembro C, vista tomada hacia el noroeste en el distrito de Huayllay.

## **Espesor y litología**

Tiene un espesor de 249.9 m (Fig. 3.15). Hacia la base está formado por una intercalación de lutitas y calizas, hacia la parte media y superior se tiene intercalaciones de conglomerados con clastos de diámetros mayor a 15 cm y una matriz arenosa, areniscas de grano medio a fino, lutitas y con algunos lentes de calizas. La estructura sedimentaria característica es la base erosiva, laminaciones horizontales y algunas intraclastos.

## **Evolución Sedimentaria**

El Miembro C ha sido dividida en cinco unidades (I, II, III, IV y V) grano decrecientes que corresponden a secuencias de tercer orden (Fig. 3.15).

### **Unidad I**

Esta unidad tiene un espesor de 27.8 m, está constituido por 2 secuencias de grano decrecientes de segundo orden y con asociaciones FF.

### **Unidad II**

Esta unidad tiene un espesor de 66.7 m, está constituido por una barra de calizas intercalada con niveles de chert.

### **Unidad III**

Esta unidad tiene un espesor de 66.6 m, está constituido por 4 secuencias grano decreciente de segundo orden y con asociaciones SB y FF.

### **Unidad IV**

Esta unidad tiene un espesor de 61.1 m, está constituido por 3 secuencias grano decreciente de segundo orden y con asociaciones GB, SB y FF.

### **Unidad V**

Esta unidad tiene un espesor de 27.7 m, está constituido por 3 secuencias grano decreciente de segundo orden y con asociaciones SB y FF.

## **Medio de depósito**

Las secuencias grano decrecientes y conglomeradicas indican dos tipos de medios de depositación, una continental formado por depositos lacustrinos con barras de arena y la otra marina formado por calizas.

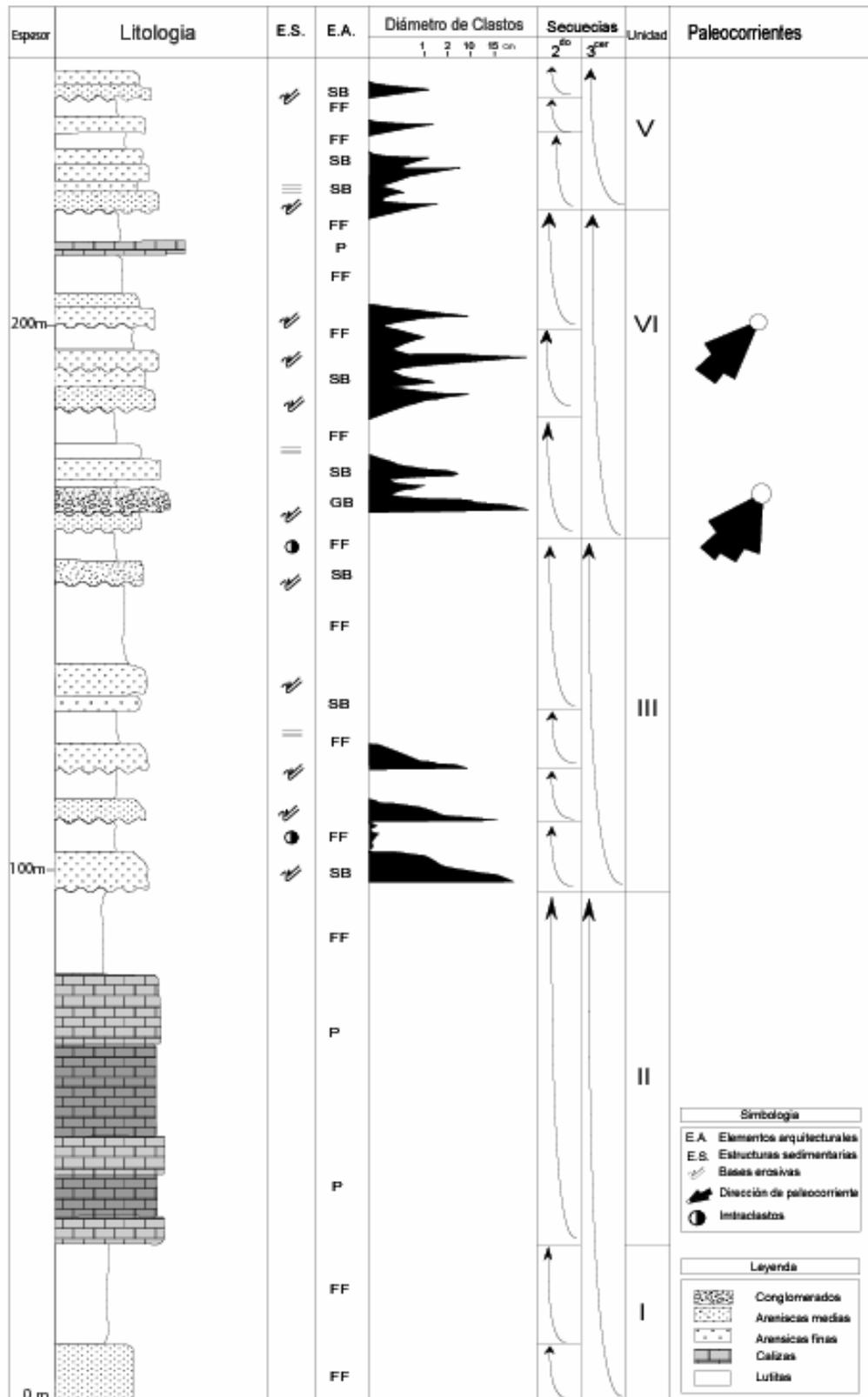


Fig. 3.15. Columna estratigráfica del Miembro C, levantada en la Quebrada Andacancha

## **Paleogeografía**

El análisis de paleocorrientes y las asociaciones de litofacies indican que el Miembro C corresponde a un relleno que comienza con depósitos marinos, seguidamente se tiene ambientes fluviales de canales entrelazados y los aportes provenían del noreste y estaría controlado por la Fallas del río Mantaro.

### **4. Miembro D de la Formación Pocobamba**

Aflora en el poblado de Quiricanca (Foto. 3.13), al norte del poblado de Huayllay, donde sobreyace en forma discordante al Miembro C e infrayace en forma concordante al Miembro E.



Foto

3.13. Areniscas del Miembro D, vista tomada hacia el noroeste en el poblado de Quiricanca.

Para la evolución sedimentaria del Miembro D se ha estudiado e interpretado dos columnas estratigráficas levantadas en los caseríos de Pomacancha y Matipucro.

#### **Columna estratigráfica del Miembro D en Pomacancha**

Aflora en el poblado de Pomacancha al noreste del distrito de Huayllay en donde sobreyace en forma discordante al Miembro C e infrayace al Miembro E en forma concordante.

#### **Espesor y litología**

El Miembro D en Pomacancha tiene un espesor de 402.5 m (Fig. 3.16). Hacia la base está formado por una intercalación de conglomerados y areniscas de grano grueso a medios. Los clastos de los conglomerados son principalmente volcánicos subangulosos a subredondeados con diámetro mayor de 12 cm en una matriz arenosa, hacia la parte media y superior se tiene intercalación de areniscas de grano medio a fino, lutitas y con lentes de calizas. La estructura sedimentaria característica es la base erosiva y laminaciones horizontales.

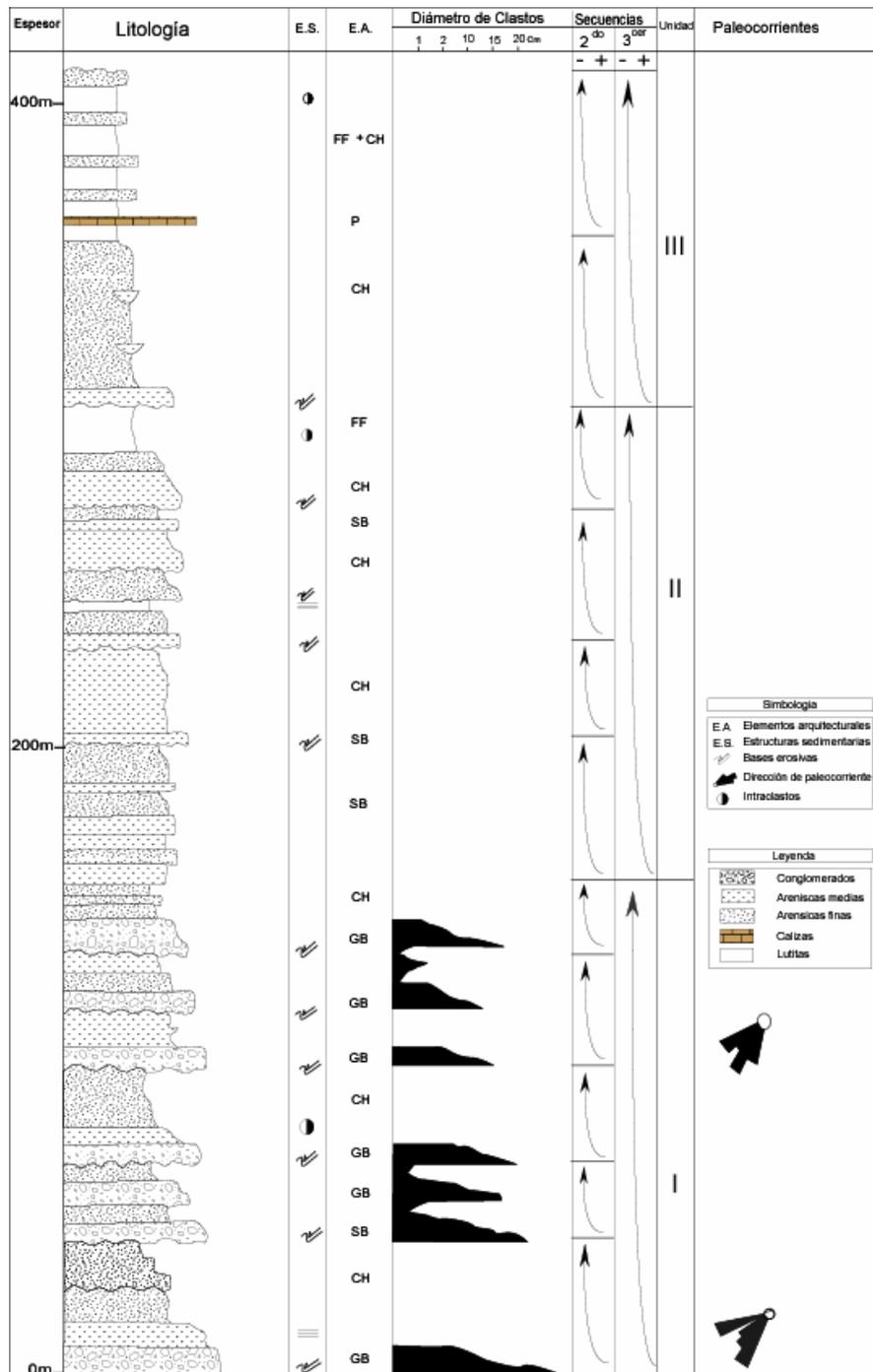


Fig. 3.16. Columna estratigráfica del Miembro D, de la Formación Pocobamba levantada en Pomacancha.

## **Evolución Sedimentaria**

En Pomacancha este miembro ha sido dividido en tres unidades y cada una de las unidades representa a una secuencia de tercer orden (Fig. 3.16).

### **Unidad I**

Esta unidad tiene un espesor de 150 m, está constituido por 5 secuencias grano decrecientes de segundo orden y con asociaciones GB, SB y CH.

### **Unidad II**

Esta unidad tiene un espesor de 148.5 m, está constituido por 5 secuencias grano decreciente de segundo orden y con asociaciones CH y SB.

### **Unidad III**

Esta unidad tiene un espesor de 104 m, está constituido por 2 secuencias grano decrecientes de segundo orden y con asociaciones CH y FF.

## **Medio de depósito**

Del análisis de secuencias grano decreciente y conglomeradicos se interpretan ambientes de conos aluviales de zonas proximales.

## **Paleogeografía**

Las mediciones de paleocorrientes se hicieron sobre clastos imbricados, contenido en bancos de conglomerados. En la Unidad I se muestran direcciones de corriente hacia el suroeste, que nos indican zonas de aportes que provenían del noreste y que estarían controladas por la Falla del río Mantaro.

## **Columna estratigráfica del Miembro D en Matipucro**

Esta columna se levantó al sur de la laguna Punrun en la quebrada Matipucro, donde infrayace en forma discordante al Miembro E y sobreyace en forma concordante al Miembro C de la Formación Pocobamba.

### **Espesor y litología**

En Matipucro este miembro tiene un espesor de 469 m (Fig. 3.17). Hacia la base está formado por una intercalación de conglomerados con areniscas de grano medio. Los conglomerados presentan clastos subangulosos a subredondeados principalmente de volcánicos con diámetro de 15 cm, hacia la parte media se tiene intercalación de areniscas de grano medio a fino con lutitas. La estructura sedimentaria característica es la base erosiva.

### **Evolución Sedimentaria**

Este miembro ha sido dividido en cinco unidades (I, II, III, IV y V) grano decrecientes, que corresponden a secuencias de tercer orden (Fig. 3.17).

#### **Unidad I**

Esta unidad tiene un espesor de 64 m, está constituido por 2 secuencias grano decrecientes de segundo orden y con asociaciones GB y SB.

#### **Unidad II**

Esta unidad tiene un espesor de 88 m, está constituido por 4 secuencias grano decreciente de segundo orden y con asociaciones GB y CH.

#### **Unidad III**

Esta unidad tiene un espesor de 130 m, está constituido por 5 secuencias grano decrecientes de segundo orden y con asociaciones CH y FF.

#### **Unidad IV**

Esta unidad tiene un espesor de 152 m, está constituido por 2 secuencias grano decreciente de segundo orden y con asociaciones CH y FF.

#### **Unidad V**

Esta unidad tiene un espesor de 30 m, está constituido por 2 secuencias grano decrecientes de segundo orden y con asociaciones CH y FF

### **Medio de depósito**

Las secuencias grano decrecientes y conglomeradicos indican canales entrelazados de zonas proximales, alternando hacia la parte superior con medios arenosos finos y llanuras de inundación con algunos lentes de calizas de ambiente lacustre.

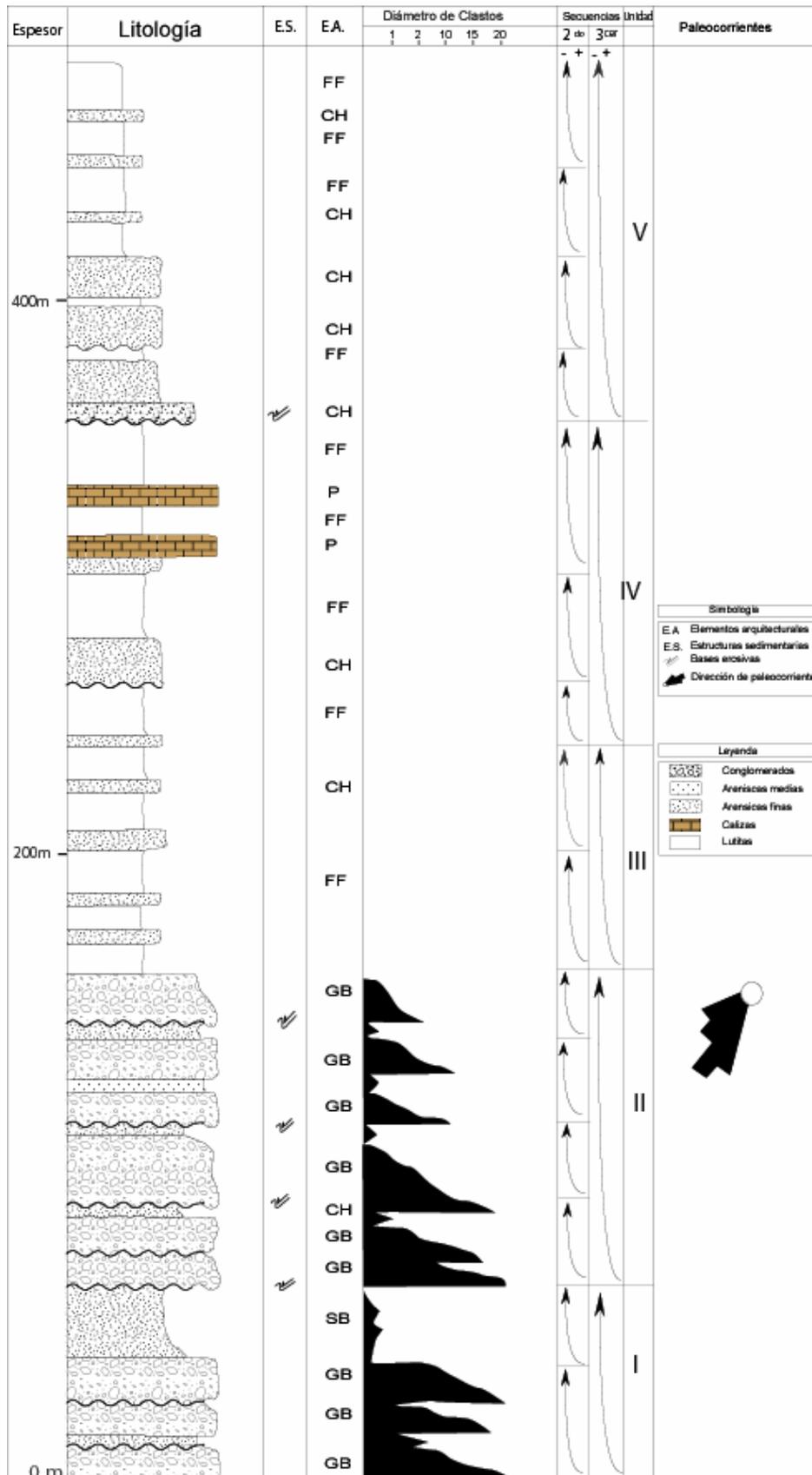


Fig. 3.17. Columna estratigráfica del Miembro D, de la Formación Pocobamba levantada en quebrada Matipucru.

## **Paleogeografía**

Las mediciones de paleocorrientes se hicieron sobre clastos imbricados, contenido en bancos de conglomerados. En la columna la Unidad II muestra direcciones hacia el suroeste indicando zonas de aportes hacia el noreste que estarían controlados por la Falla del río Mantaro.

### **5. Columna estratigráfica del Miembro E**

Aflora al noroeste del poblado de Huayllay (Foto 3.14), donde sobreyace en forma concordante al Miembro D e infrayace a los depósitos cuaternarios.



Foto.3.14. Afloramiento del Miembro E, vista tomada hacia el noroeste en el caserío de Cacancancha.

### **Espesor y litología**

El Miembro E tiene un espesor de 448.7 m (Fig. 3.18). Hacia la base está formado por una intercalación de conglomerados, areniscas finas a medias con lutitas con clastos de diámetro 1.5 cm subangulosos a subredondeados hacia la parte superior se tiene una intercalación de arenisca fina, lutitas con niveles de calizas coladas. La estructura sedimentaria característica es la base erosiva.

### **Evolución Sedimentaria**

Para su estudio sedimentario a sido dividido en siete unidades (I, II, III, IV, V, VI y VII) y cada una de estas unidades representan secuencias de tercer orden (Fig. 3.18).

#### **Unidad I**

Esta unidad tiene un espesor de 44 m, está constituido por 2 secuencias grano decrecientes de segundo orden y con asociaciones SB y FF.

#### **Unidad II**

Esta unidad tiene un espesor 66.7 m, está constituido por 2 secuencias grano decreciente de segundo orden y con asociaciones GB y FF.

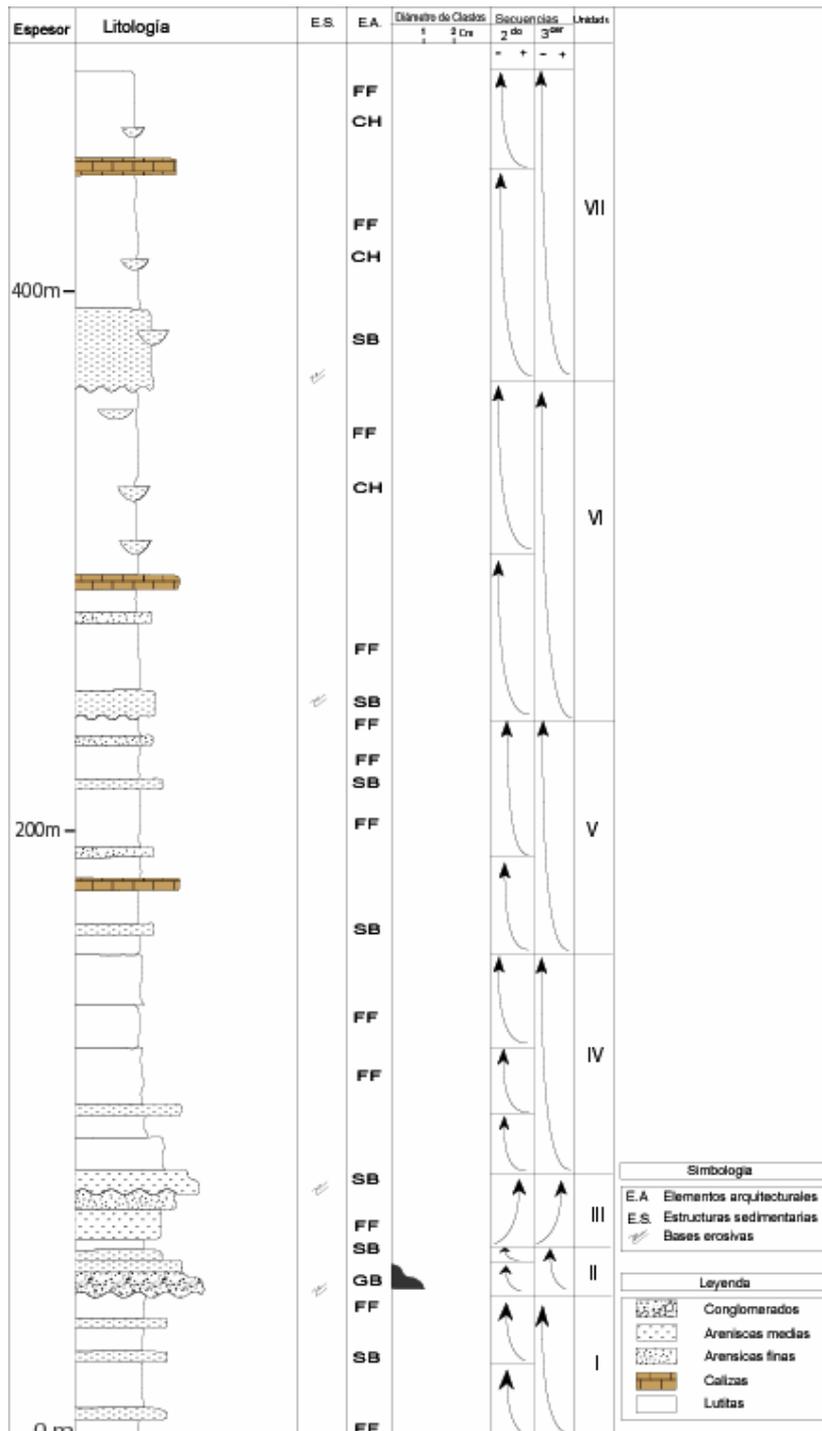


Fig.3.18. Columna estratigráfica del Miembro E, de la Formación Pocobamba levantada en la Quebrada Cacancancho

Fig 3.18

### Unidad III

Esta unidad tiene un espesor de 26 m, está constituido por 2 secuencias grano creciente de segundo orden y con asociaciones SB y FF.

### Unidad IV

Esta unidad tiene un espesor de 70 m, está constituido por 3 secuencias grano decreciente de segundo orden y asociaciones FF.

### Unidad V

Esta unidad tiene un espesor de 78 m, esta constituido por 3 secuencias grano decreciente de segundo orden y con asociaciones SB y FF.

### Unidad VI.

Esta unidad tiene un espesor de 106 m, esta constituido por 2 secuencias grano decreciente de segundo orden asociaciones CH y FF.

### Unidad VII

Esta unidad tiene un espesor de 102 m, esta constituido por 2 secuencias grano decreciente de segundo orden y con asociaciones CH y FF.

### **Medio de depósito**

Las secuencias grano decrecientes indican ambientes fluviales con barras de arena y llanuras de inundación, también se observan niveles calcáreos que indican medios lacustres. Las secuencias grano crecientes indican ambientes de conos aluviales de zonas distales.

### **Tectónica y sedimentología de la Formación Pocobamba**

De las columnas estudiadas podemos indicar que la sedimentación de la Formación Pocobamba fue sintectónica, estos depósitos son derivados de la erosión del alto de antepais expuestos durante los movimientos incaicos de la Falla Cerro de Pasco y de la falla regional río San Juan- Venenococha. La Formación Pocobamba en la zona de estudio está controlada por las fallas del río Mantaro y el sistema de fallas Chonta.

### 3.4.2.7. Formación Huayllay (Mioceno)

Esta formación aflora en los alrededores de la localidad de Huayllay (Foto 3.15), donde sobreyace en forma discordante angular al Miembro A de la Formación Pocobamba.



Foto 3.15. Rocas volcánicas de la Formación Huayllay, tomada hacia el noreste

La descripción microscópica indica que se trata de un flujo de líticos y pómez de color gris amarillento con textura porfirítica, con presencia de plagioclasa (65%), cuarzo (20%), biotita (10%) y fragmentos líticos (5%) polimícticos. La descripción microscópica la clasifica como un flujo dacítico con textura fluidal y matriz vítrea.

Farrar & Noble (1976) en una muestra del cerro Shayhua, Cruz han datado estos volcánicos que se encuentran bastante frescos mediante el método de K-Ar dando una edad de  $5 \pm 2$  a  $0.20$  Ma. Wilson (1975) realiza otra datación con el método K-Ar y reporta una edad de  $6.2 \pm 0.2$  ( $6.4$ ) Ma. En base a estas dataciones radiométricas lo ubicamos en el Mioceno.

### 3.4.2.8. Depósitos Cuaternarios

Está formado por todos los depósitos de cobertura, generalmente no consolidados y que están distribuidas irregularmente en el área de estudio. Estos materiales se han acumulado por procesos de fenómenos de geodinámica externa, así como por procesos fluvio-glaciares, morrenicos, bofedales y aluviales.

#### 3.4.2.8.1. Depósitos fluvio-glaciares

Son materiales transportados y depositados que guarda relación con el proceso erosivo activo del levantamiento andino y las diferentes etapas de glaciación. Están constituidos generalmente por fragmentos volcánicos y calizas angulosas en una matriz fina.

#### 3.4.2.8.2. Depósitos morrénicos

Estos depósitos son productos de glaciación y se ubican sobre los 4100 msnm a manera de lomadas con cresta morrenica bien definida. Está constituido por bloques y gravas en una matriz areno-limoso pobremente clasificada, a veces con leve pseudoestratificación como testigo de fusiones estacionales durante el periodo glaciario.

#### 3.4.2.8.3. Depósitos en bofedales

Comprende materiales acarreados sobre una depresión o planicie constituida por limos y arcillas, siendo característica importante la acumulación de agua formando terrenos “fangosos” a “pantanosos” se observa principalmente en las márgenes del lago Junín.

#### 3.4.2.8.4. Depósitos fluviales

Los depósitos fluviales se ubican en el lecho y bordes de los ríos, consisten mayormente por gravas, arenas, limos. Los clastos son subredondeados a redondeados como los que se observan en los ríos Andacancha, Mantaro y Blanco.

#### 3.4.2.8.5. Depósitos Aluviales

Estos depósitos inconsolidados que han sido acumulados por la combinación de procesos aluvionales y fluviales se ubican en las partes bajas inmediatas a las zonas elevadas y en los lechos de quebradas.

## **CAPITULO IV**

### **MAGMATISMO**

#### 4.1. INTRODUCCIÓN

La actividad magmática de la zona de estudio (Fig. 4.1) se inició en el Pérmico con las primeras manifestaciones magmáticas que corresponden al Grupo Mitu seguidamente se tiene el magmatismo de la Formación Chayllacatana. Soler (1989) & Bonhomme (1990) para la Formación Chayllacatana muestra la dinámica de las placas y sugieren un buzamiento fuerte del plano de la zona Benioff-Wadati para el Aptiano-Albiano y que los basaltos se correlacionan con un episodio de "rifting".

Luego se tiene el emplazamiento de domos dacíticos en el cerro Marcapunta, Colquijirca con una edad contemporánea (11 a 12 Ma) o ligeramente posteriores.

A los 6 Ma (Mioceno superior y Plioceno inferior) se deposita los flujos dacíticos de líticos y pómez de la Formación Huayllay.

La descripción de las rocas magmáticas se realiza, por una parte, sobre la base de la bibliografía existente y por otra sobre el análisis macroscópico y microscópico de las muestras tomadas en el presente trabajo. La clasificación se realizó mediante los análisis químicos de elementos mayores, realizados en el SGS, (Société Générale de Surveillance) con los modelos ICP 95-A, IMS 95-A y roca total y cuyos datos fueron ploteados en los diagramas TAS según Middlemost (1994), Le Bas et al. (1986) y sobre la base de los cuadros modales, que luego fueron llevados al diagrama de Streckeisen (1979) QAP (cuarzo-feldespato potásico-plagioclasa) y modificado por la IUGS (International Union of Geo-Sciences, 1989).

La calificación de estas rocas se realizó a partir de análisis modales. Los valores modales se realizaron a partir del estudio microscópico de secciones delgadas. Los datos de análisis cristalográficos se realizaron mediante rayos X, realizadas en un tubo de cobre con un difractor SHIMADZU modelo XRD-6000 con energía de 40 K y 30 Ma en los laboratorios de INGEMMET.

## **4.2. DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD MAGMATICA**

La primera actividad magmática se dio durante el Pérmico (Fig. 4.1) y esta representado por el vulcanismo del Grupo Mitu (Pérmico superior - Triásico inferior) y luego se tiene vulcanismo de la Formación Chayllacatana (Aptiano superior) seguidamente se tiene el emplazamiento de domos dacíticos del Mioceno, el ultimo vulcanismo pertenece a los depósitos de la Formación Huayllay.

### **4.2.1. PLUTONISMO**

El conjunto de intrusivos existentes en la zona de estudio están representados por los intrusivos Runtucocha (coordenadas UTM: N 8785708, E 343426) y Ancocote que intruyen a las unidades de la Formación Pocobamba.

#### **4.2.1.1. Intrusivo de Runtucocha y Ancocote**

El intrusivo de Runtucocha aflora en el poblado de San Agustín de Hauychao al suroeste de la zona de estudio, ocupan un área aproximada de 450 m<sup>2</sup>. Este cuerpo se emplaza en el anticlinal de Qujulopampa y afecta a la Formación Pocobamba.

De acuerdo a la descripción macroscópica tiene una textura porfírica de coloración gris blanquecina, compuesta por cristales de plagioclasa, biotita, hornblenda, la pasta está constituida por cuarzo y ortosa. La mineralogía nos indica que se trata de una monzonita.

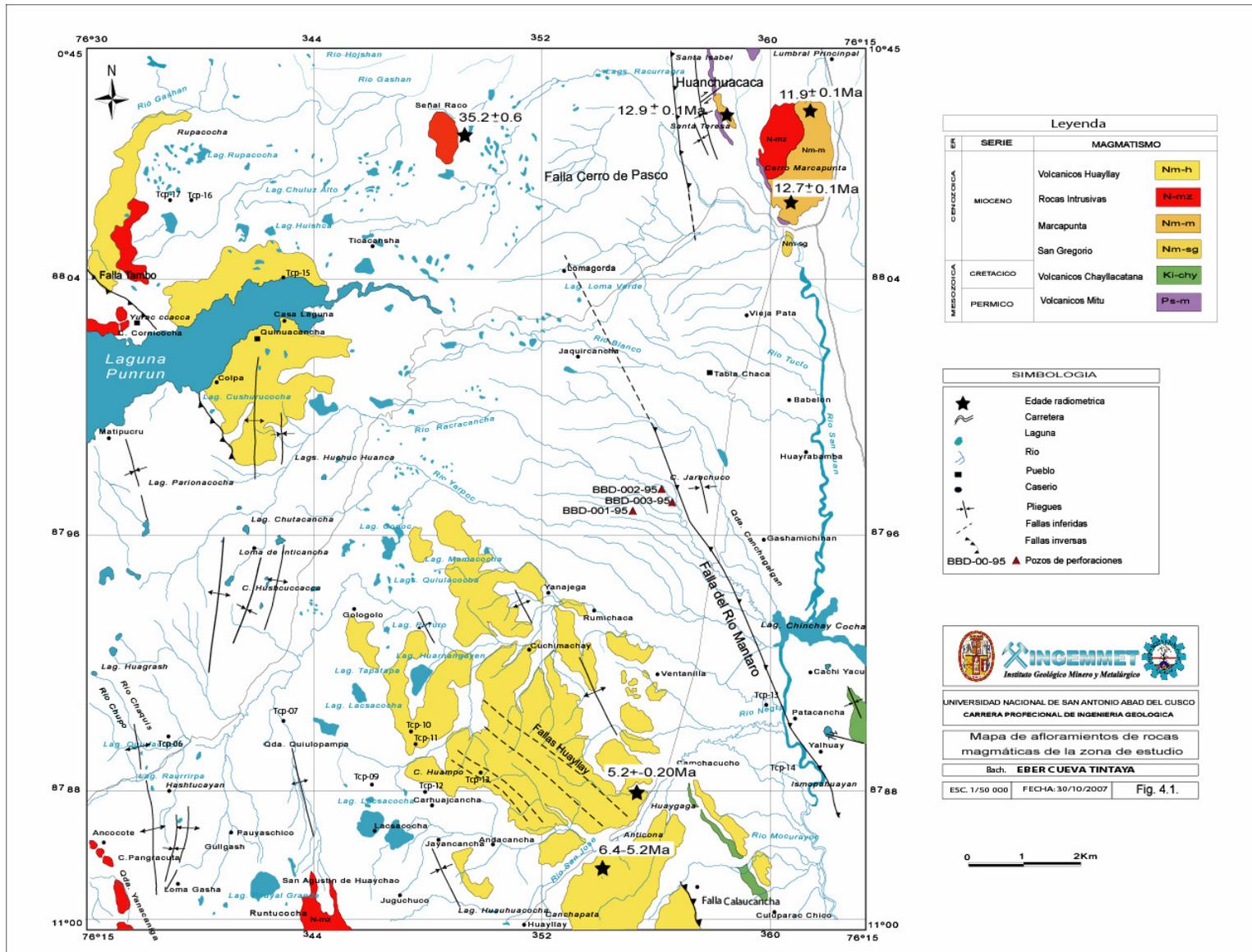
### **4.2.2. VULCANISMO**

#### **4.2.2.1. Vulcanismo de la Formación Chayllacatana**

Aflora al sureste de la zona de estudio cerca al poblado Huaygaga, donde la empresa RTZ Mining and Exploration realizó tres perforaciones en la quebrada Jarachuco donde corta basaltos de composición alcalina.

Soler (1989) realiza los estudios petrográficos y geoquímicas para la Formación Chayllacatana indicando que son basaltos intracontinentales alcalinas que provienen de la fusión del manto subcontinental enriquecido y que su emplazamiento se produjo bajo un régimen tectónico distensivo y no mostrando ninguna huella del proceso de subducción.

Noble et al. (2000) al sureste de la zona de estudio realiza una datación por el método  $Ar^{40} / Ar^{39}$  a un basalto que indican una edad isócrona de 109±1.6 Ma. (Aptiano superior).



Leyenda		
ERA	SERIE	MAGMATISMO
CENOZOICA	MIOCENO	Volcanicos Huayllay <span style="background-color: yellow;">■</span> Nm-h
		Rocas Intrusivas <span style="background-color: red;">■</span> N-mz
		Marcapunta <span style="background-color: orange;">■</span> Nm-m
		San Gregorio <span style="background-color: yellow;">■</span> Nm-sg
MESOZOICA	CRETACICO	Volcanicos Chayllacatana <span style="background-color: green;">■</span> Ki-chy
	PERMICO	Volcanicos Mitu <span style="background-color: purple;">■</span> Ps-m

SIMBOLOGIA	
<span style="color: black;">★</span>	Edade radiometrica
	Carretera
	Laguna
	Rio
	Pueblo
	Casero
	Piegues
	Fallas inferidas
	Fallas inversas
	Pozos de perforaciones



**INGEMMET**  
Instituto Geológico Minero y Metalúrgico

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

Mapa de afloramientos de rocas magmáticas de la zona de estudio

Bach. **EBER CUEVA TINTAYA**

ESC. 1/50 000    FECHA: 30/10/2007    Fig. 4.1.



Fig. 4.1 Mapa Magmático

A continuación se describen microscópicamente, microscópicamente y geoquímicamente tres muestras tomadas de los taladros perforados por la empresa RTZ realizada el año 1989 (PEC-M-3c, PCE - M-11 y EC-M-9) y una muestra tomada en el campo (TCP-13).

#### 1. Muestra PEC-M-3c

Se ubica en las coordenadas UTM: N 897046, E 356646, macroscópicamente está compuesto por cristales de plagioclasa con textura porfírica y con un color gris verdoso, presentan vacuolas y fracturas de 2 a 3 cm rellenas con calcita, calcedonia y vidrio volcánico (Foto 4.1).



Foto 4.1. Basalto porfírico de color gris verdoso.

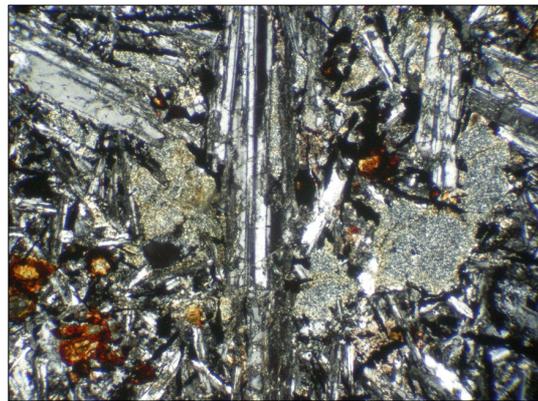


Foto. 4.2. Basalto con fenocristales de plagioclasa y piroxenos (Nicoles cruzados 100x.).

De acuerdo a la descripción microscópica se trata de un basalto (Foto 4.2.) que tiene una textura porfírica, las plagioclasas se encuentran en fenocristales subhedrales y se encuentran alterados a arcillas, la pasta de esta roca esta constituido por microlitos de plagioclasa. Mediante el análisis de espectrograma los picos más altos indican el mayor contenido de minerales en porcentaje (Fig. 4.2) como son la albita (27.83%), cuarzo (7.94%), calcita (12.33%), montmorillonita (10.65%), dolomia (10.50%), magnetita (4.57%) y otros (36.58%).

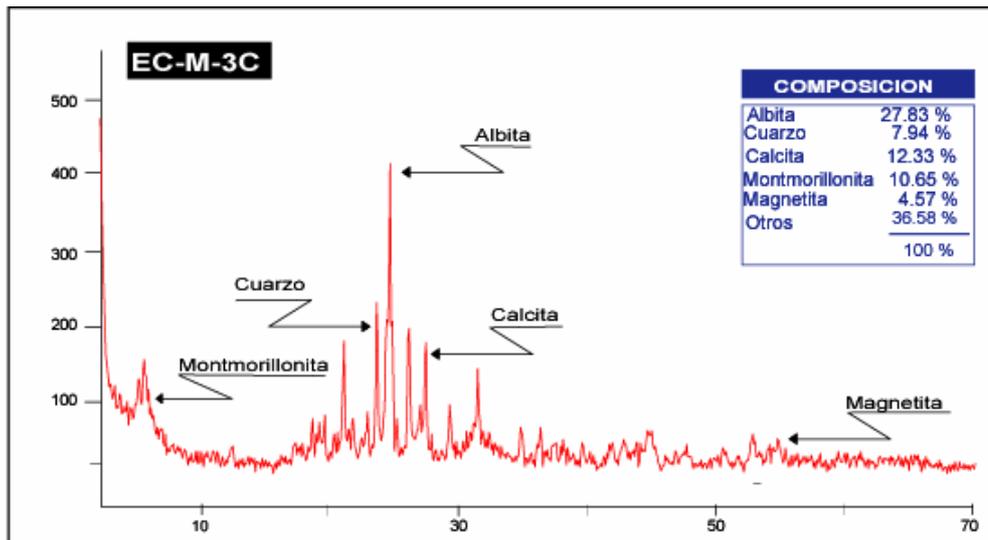


Fig. 4.2. Análisis de difracción de rayos X de la muestra EC-M-3C.

De acuerdo al análisis químico de elementos mayores de la muestra PEC-M-3c (Tabla 4.1) y mediante el diagrama T.A.S. según Middlemost (1994) (Fig. 4.3) corresponde a un basalto de olivino que refleja la composición modal de la roca; según el diagrama Le bas (1996) pertenece a la serie alcalina (Fig. 4.4).

Tabla 4.1. Análisis químico de elementos mayores realizados en el SGS

Muestra	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Total
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Pec-m-3c	42.46	2.51	12.46	12.96	0.04	0.19	10.55	11.83	0.9	5.44	5.44	100

## 2. Muestra EC-M-9

Se ubica en las coordenadas UTM: N 8707842, E 356492 en la quebrada Jarachuco, se trata de un basalto de color amarillento producto de la alteración, además presentan fracturas de 2 a 3 cm rellenas con calcita (Foto 4.3).



Foto 4.3. Basalto de color gris amarillento con una ligera alteración

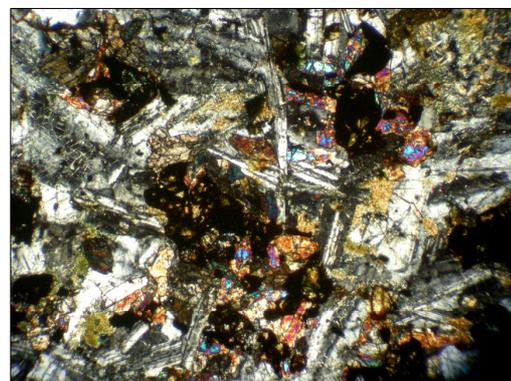


Foto 4.4. Basalto de olivino con cristales de plagioclasa alteradas. (Nicolas cruzados 100x.).

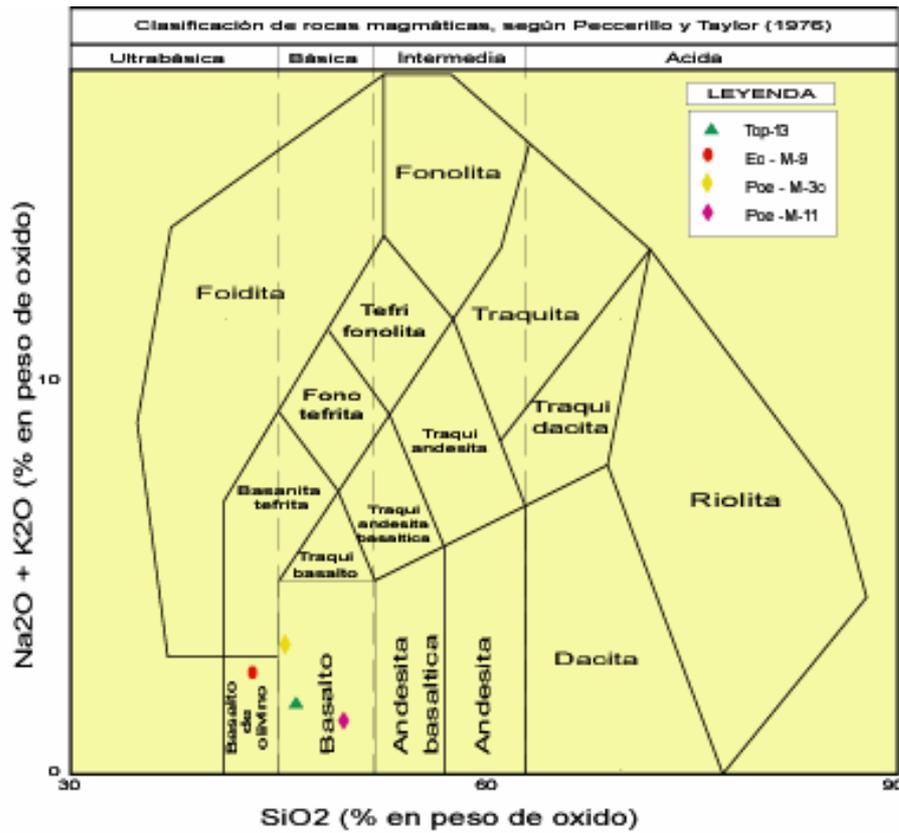


Fig. 4.3. Clasificación de las rocas volcánicas de la Formación Chayllacatana, en el diagrama TAS. Según Middlemost (1994).

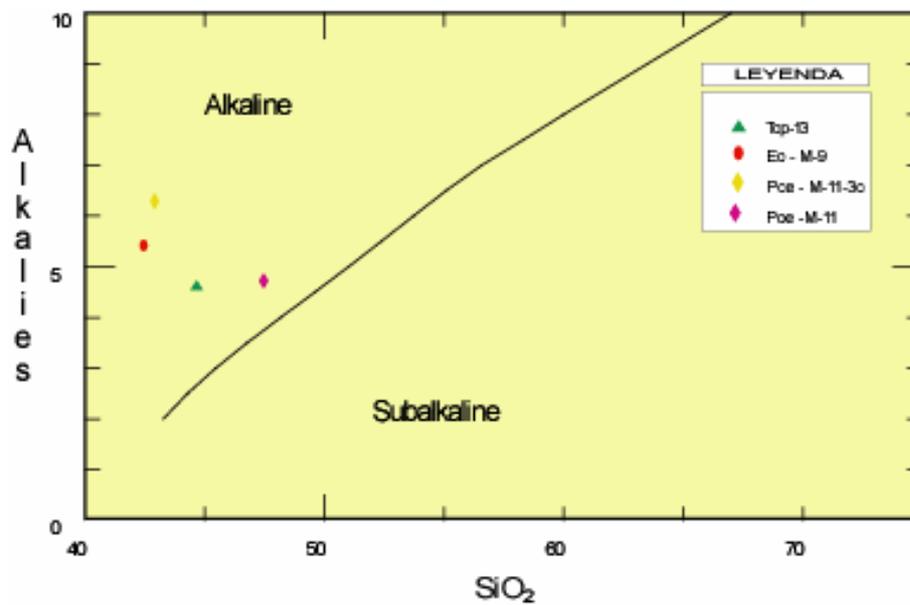


Fig. 4.4. Clasificación de las rocas volcánicas de la Formación Chayllacatana, en el diagrama. Según Kuno (1966).

De acuerdo a la descripción microscópica se trata de un basalto de olivino (Foto.4.4) que presenta una textura microlítica, tiene fenocristales subhedrales de plagioclasa, que se encuentran alteradas a arcillas. Mediante el análisis de espectrograma los picos más altos indican el mayor contenido de minerales en porcentaje (Fig. 4.5) como son la anortita (50.02%), augita (17.06%), montmorillonita (14.38%), amorfos (12.02%), magnetita (3.02%) y calcocita (3.5%) y otros.

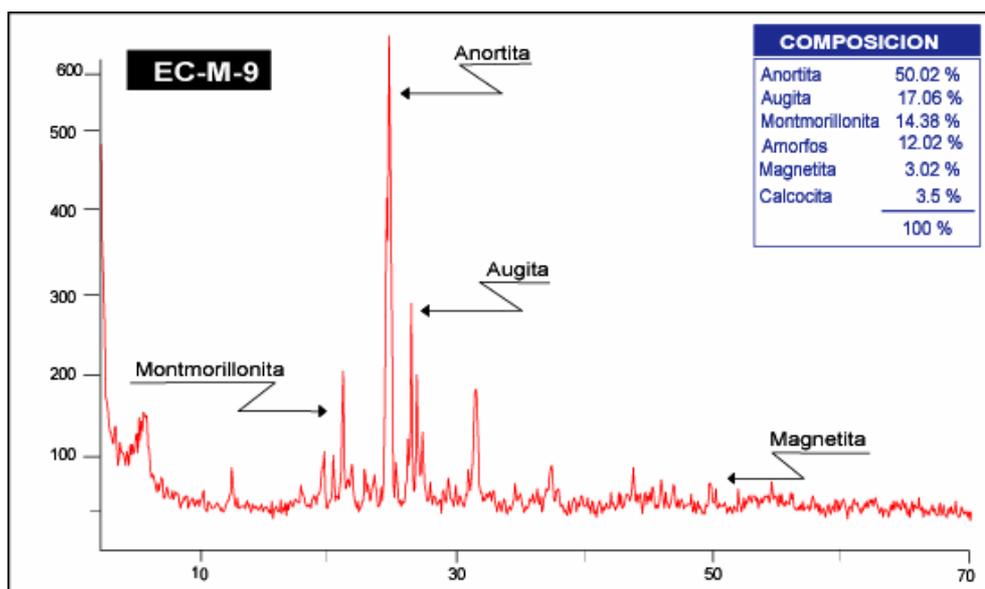


Fig. 4.5. Análisis de difracción de rayos X de la muestra EC-M-9.

De acuerdo al análisis químico de elementos mayores de la muestra EC-M-9 (Tabla 4.2) y mediante el diagrama T.A.S. según Middlemost (1994) (Fig. 4.3) corresponde a un basalto que refleja la composición modal de la roca; según el diagrama Le bas (1996) pertenece a la serie alcalina (Fig. 4.4).

Tabla 4.2. Análisis químico de elementos mayores realizados en SGS.

Muestra	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Total
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
EC-M-9	42.08	3.21	13	12.66	0.02	0.19	6.27	12.43	3.55	1.92	0.56	100

### 3. Muestra PCE - M-11

Se ubica en las coordenadas UTM. N 8797842, E 656492. Macroscópicamente se describe como roca afanítica de color gris verdoso (Foto 4.5) con fracturas de 2 a 3 cm rellenas con calcita, calcedonia y vidrio volcánico.



Foto 4.5. Basalto de composición alcalina de color gris verdoso.

De acuerdo a la descripción microscópica se trata de un basalto que presenta una textura microlítica. Mediante el análisis de espectrograma los picos más altos indican el mayor contenido de minerales en porcentaje (Fig. 4.6) como son la augita (23.43 %), analcima (15.70 %), saponita (13.04 %), halloysita (7.73 %), magnetita (8.69%) y otros (32.41%).

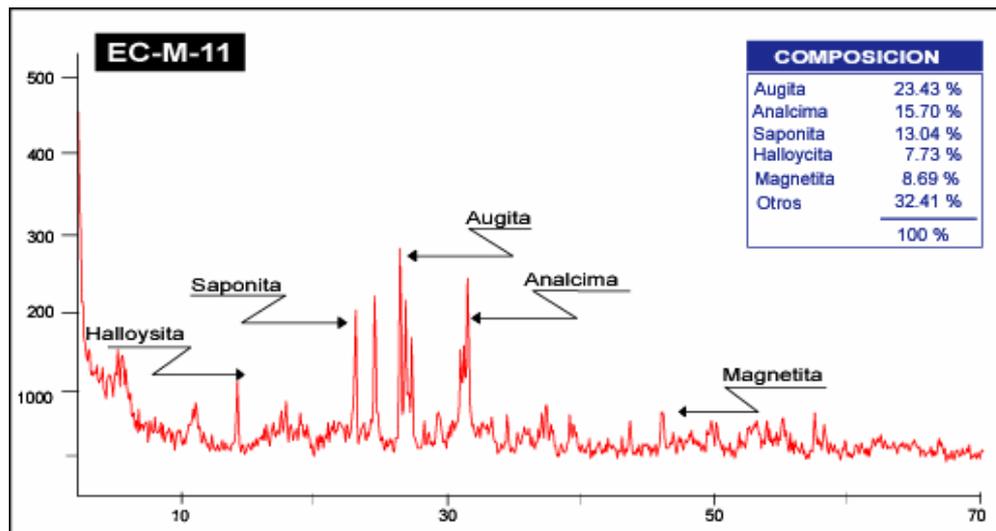


Fig. 4.6. Análisis de difracción de Rayos X de la muestra EC-M-11.

De acuerdo al análisis químico de elementos mayores de la muestra EC-M-11 (Tabla 4.3) y mediante el diagrama T.A.S. según Middlemost (1994) (Fig. 4.3) corresponde a un basalto que refleja la composición modal de la roca; según el diagrama Le bas (1996) pertenece a la serie alcalina (Fig. 4.4).

Tabla 4.3. Análisis químico de elementos mayores realizados en el SGS.

Muestra	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Total
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Pec-M-11	47.96	2.52	13.98	12.53	0.05	0.12	8.94	8.58	3.31	1.42	0.58	100

#### 4. Muestras TCP-13

Se ubica en la coordenada UTM: N 8797207, E 357449, aflora en el poblado de Huaygaga. La descripción macroscópica nos indica una textura afanítica de color gris oscuro y que se describe como un basalto masivo de grano fino (Foto 4.6).



Foto 4.6. Basalto de olivino de composición alcalina de color gris oscuro



Foto 4.7. Basalto de olivino con fenocristales de plagioclasa, (Nicoles cruzados 100x.).

De acuerdo a la descripción microscópica se trata de un basalto de olivino (Foto 4.7) que presenta una textura microlítica, tiene fenocristales subhedrales de plagioclasa y se encuentran alterándose a arcillas. Mediante el análisis de espectrograma los picos más altos indican el mayor contenido de minerales en porcentaje (Fig. 4.7) como son la albita (21.79%), augita (15.56%), pirofanita (3.82%), clorita (3.25%), muscovita (1.41%) y otros (54.17%).

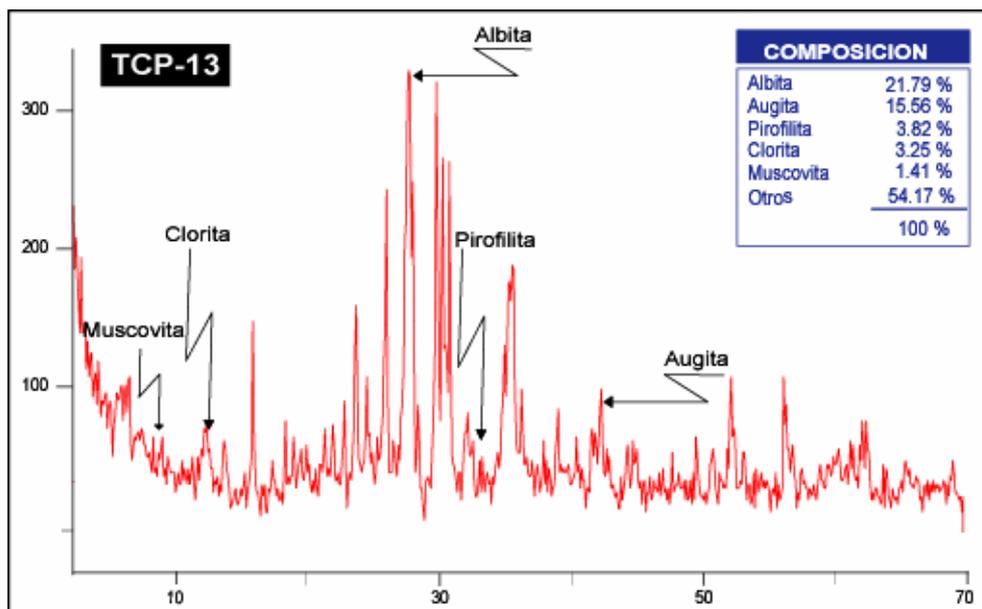


Fig. 4.7. Análisis de difracción de rayos X de la muestra TCP-13.

De acuerdo al análisis químico de elementos mayores de la muestra TCP-13 (Tabla 4.4) y mediante el diagrama T.A.S. según Middlemost (1994) (Fig. 4.3) corresponde a un basalto que refleja la composición modal de la roca; según el diagrama Le bas (1996) pertenece a la serie alcalina (Fig. 4.4).

Tabla 4.4. Análisis químico de elementos mayores realizados en el SGS.

Muestra	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Total
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Tcp-13	45.15	2.67	12.64	13.51	0.05	0.84	11.53	8.55	3.19	1.87	0.56	100

La empresa Mining and Exploration RTZ reporta la existencia de asfaltitas en las perforaciones rellenando las vacuolas de los basaltos (Foto. 4.8) sin embargo del análisis de rayos X realizadas en los laboratorios del INGEMMET (Fig. 4.8) muestran un contenido alto de sílice (92.94%) correspondiendo mas bien a vidrios volcánicos (obsidiana) (Foto 4.9), pirita (1.85 %), Finnemanita (2.22 %), y otros (2.99 %).

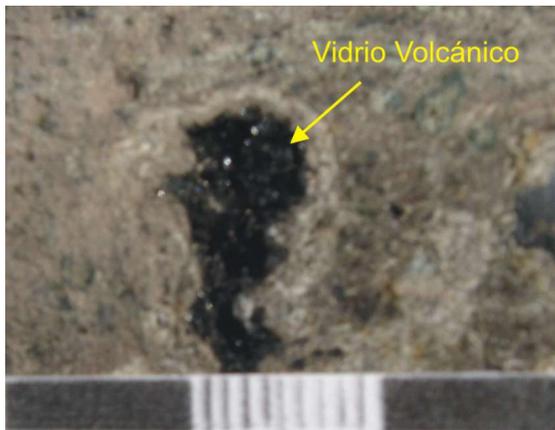


Foto 4.8. Vidrio rellenando las vacuolas de las rocas volcánicas.



Foto 4.9. Vidrio volcánico (obsidiana)

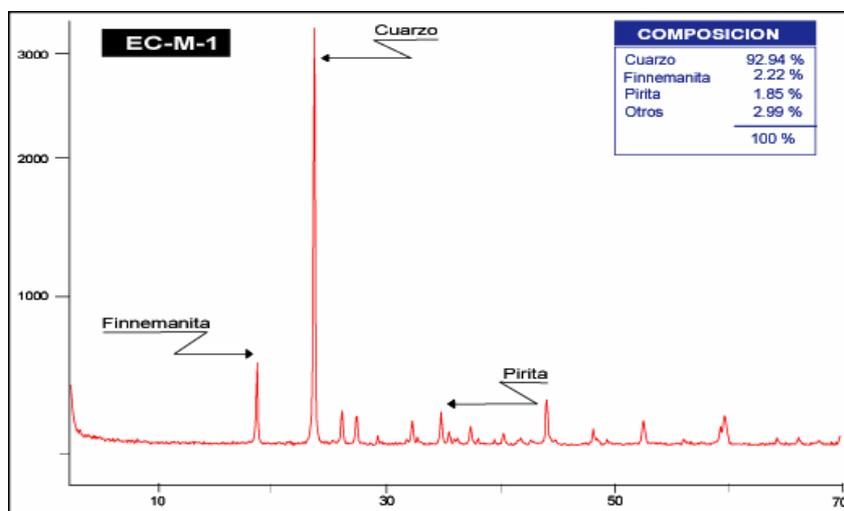


Fig. 4.8. Análisis de difracción de rayos X de la muestra EC-M-1.

Se realizaron las comparaciones de elementos mayores de la Formación Chayllacatana con los datos de Soler (1989) en los diagramas TAS según Sun and McD 89 Chondritos (Fig. 4.9) y los diagramas TAS según Perce (1983) y Morb (Fig. 4.10) donde se puede observar que son similares a las curvas obtenidas por Soler (1989) y se interpreta como basaltos alcalinas que provienen de la fusión del manto enriquecido y que su emplazamiento se produjo bajo un régimen tectónico distensivo.

### 4.2.3. DIQUES

#### 4.2.3.1. Dique Yurac Ccacca

Aflora al noroeste de la zona de estudio al norte de la laguna Punrun (Foto 4.10) en las coordenadas UTM: 8803049, E 337632. Este dique tiene un área aproximada de 1.10 km<sup>2</sup> que intruyen las unidades de la Formación Jumasha (Cretácico superior). Macroscópicamente son rocas gris blanquecinas con textura porfirítica y presenta cristales de plagioclasa, cuarzo y ortosa que indican una dacita porfirítica (Foto 4.11).

Foto 4.10. Afloramiento del dique Yurac Ccacca, vista tomada hacia el noroeste.



Microscópicamente se trata de una dacita porfirítica que presenta cristales de plagioclasa (50-58%) cuarzo (28-30%), ortosa (5-10%) y minerales opacos (1-2%) (Foto 4.12).



Foto 4.11. Dacita porfirítica de color gris blanquecina.

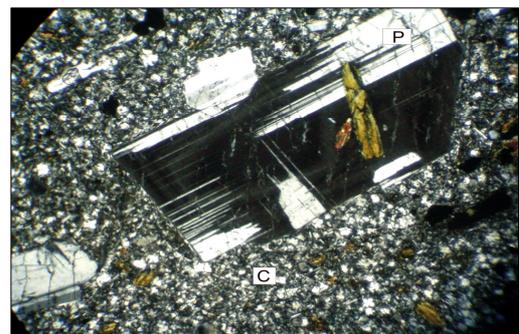


Foto 4.12. Dacita porfirítica con fenocristales de plagioclasa tomada con Nícoles cruzados 100x

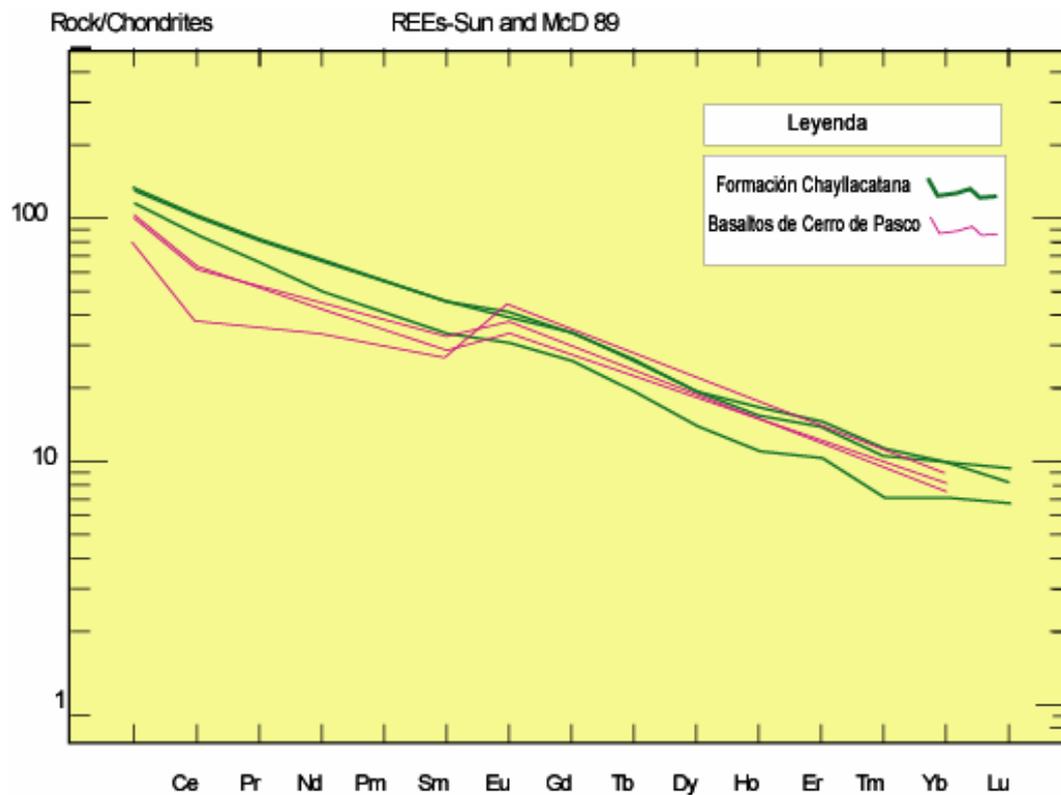


Fig. 4.9. Diagrama TAS, Segun Sun and McD 89 Chondritos

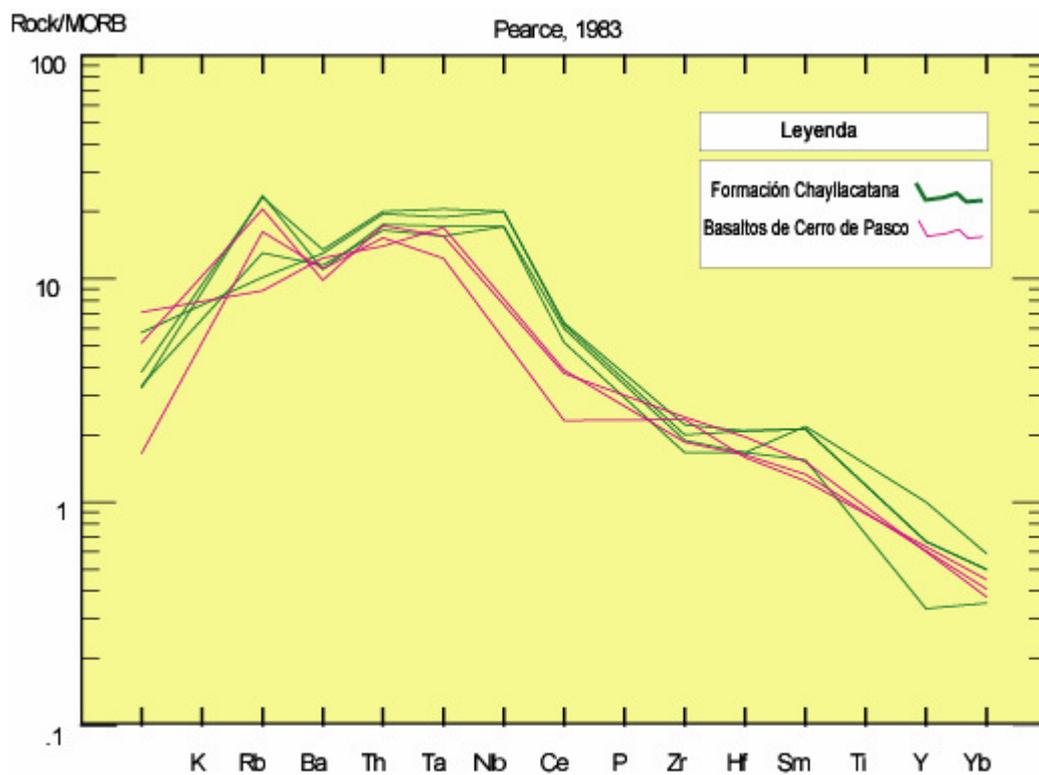


Fig. 4.10. Diagrama TAS, Segun Perce, 1983 Morb

De acuerdo a la descripción microscópica se trata de una dacita porfírica (Foto 4.12) que presenta una textura porfírica. Mediante el análisis de espectrograma los picos más altos indican el mayor contenido de minerales en porcentaje (Fig. 4.11) como son la albita (56.01%), cuarzo (29.14%), flogopita (8.59%), montmorillonita (1.74%) y augita (1.63%).

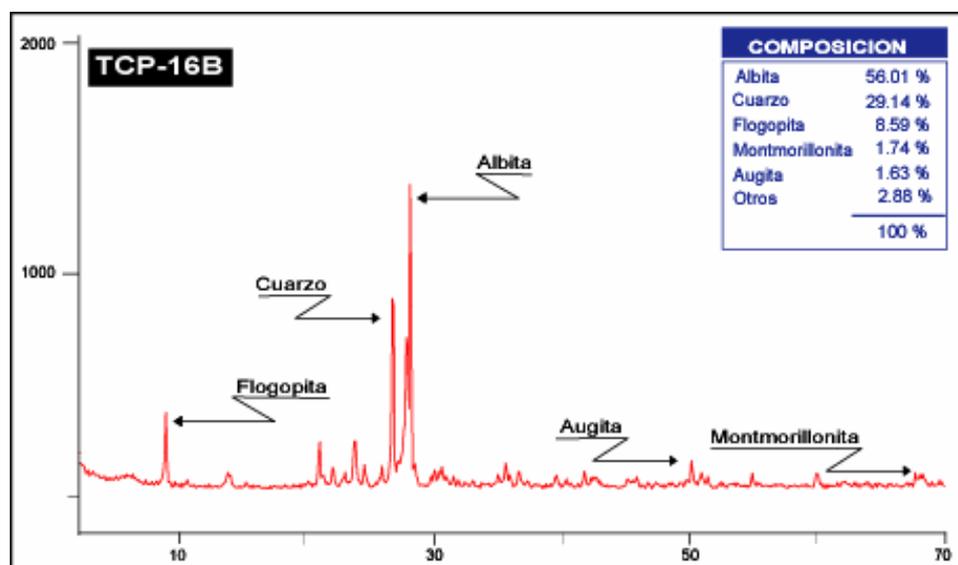


Fig. 4.11. Análisis de difracción de rayos X de la muestra TCP-16B.

De acuerdo al análisis químico de elementos mayores de la muestra TCP-16B (Tabla 4.5) y mediante el diagrama T.A.S. según Middlemost (1994) (Fig. 4.12) corresponde a una dacita que refleja la composición modal de la roca; según el diagrama de Kuno (1960) indica una serie subalcalina (Fig. 4.13).

Tabla 4.5. Análisis químico de elementos mayores realizados en el SGS.

Muestra	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Total
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Tcp-16B	63.08	0.77	16.29	5.34	0.01	0.08	2.22	4.03	4.77	3.16	0.25	100

#### 4.2.3.2. Dique Huachuacaca

Aflora al noreste de la zona de estudio al oeste del cerro Marcapunta (Foto 4.13) en las coordenadas UTM. 8809860, E 352308, tiene una forma alargada de dirección NO-SE, con un área aproximada de 0.5 km<sup>2</sup> cortan unidades de los grupos Mitu y Pucara.

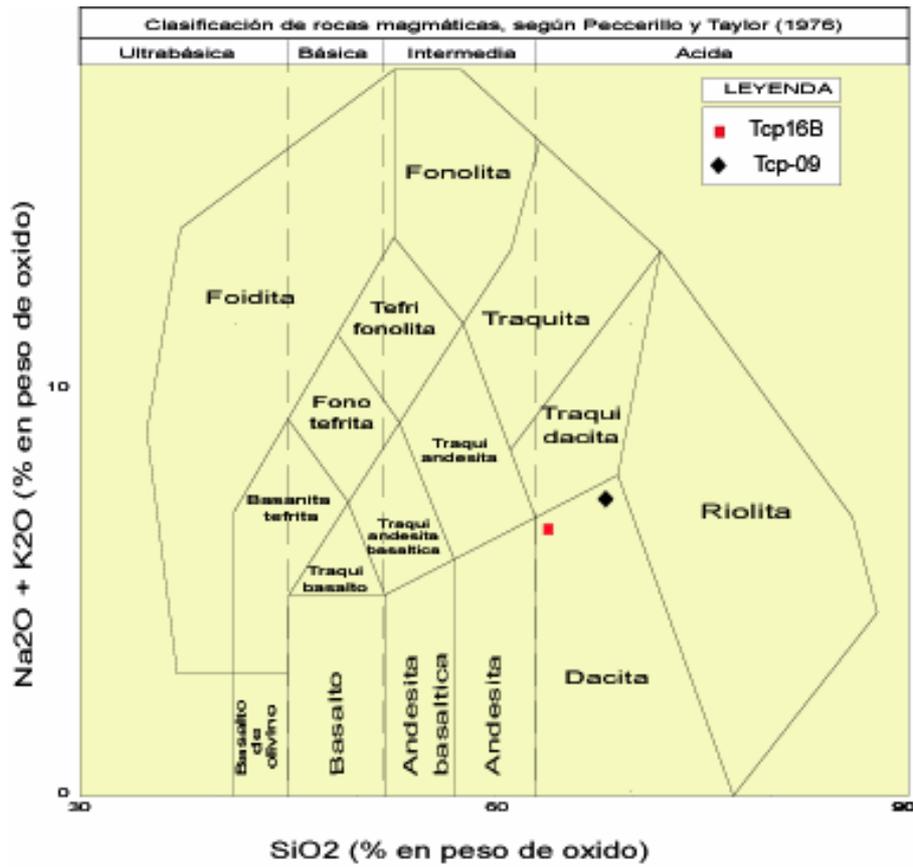


Fig. 4.12. Clasificación de las rocas volcánicas del área de estudio, en el diagrama TAS. Según Middlemost (1994).

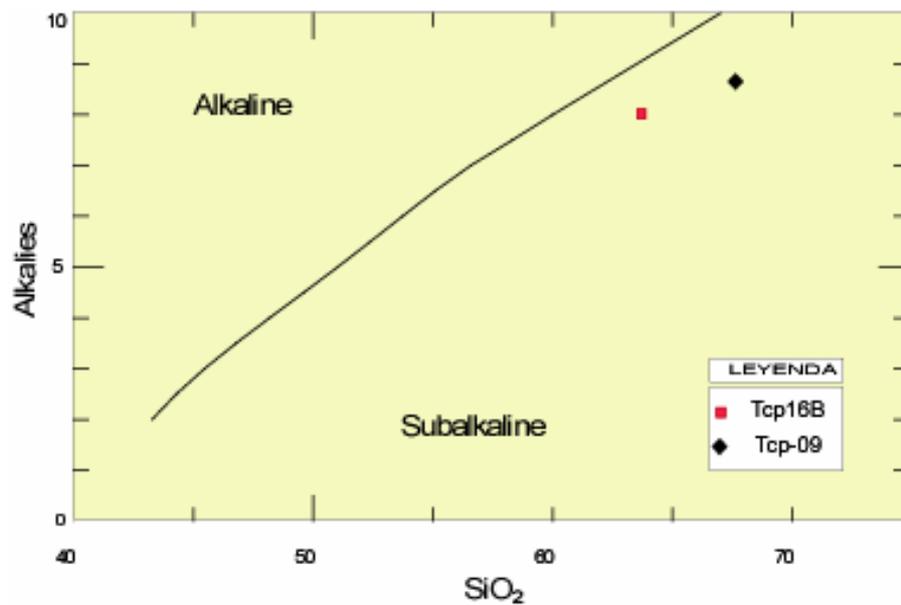


Fig. 4.13. Clasificación de las rocas volcánicas del área de estudio, en el diagrama TAS. Según Kuno (1966).



Foto 4.13. Afloramiento de dacita del dique de Huachuacaca, vista tomada hacia el noreste.

Macroscópicamente se trata de una dacita porfírica (Foto 4.14) con textura porfírica, compuesto por cuarzo, plagioclasa, clorita, biotita, hornblenda y con una ligera alteración de las plagioclasas a arcillas

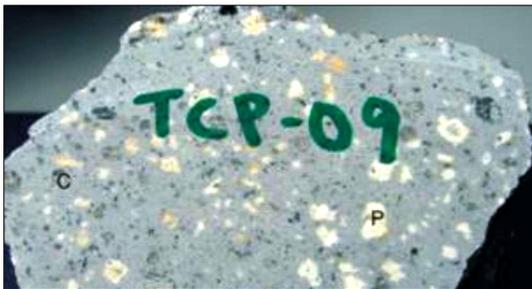


Foto.4.14. Dacita porfírica de color gris blanquecina.

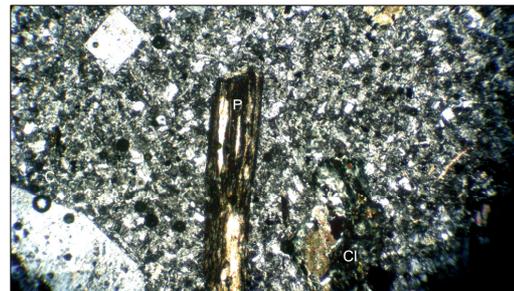


Foto.4.15. Dacita porfírica con fenocristales de plagioclasa (P) cuarzo (C) y Clorita (Cl (Nicoles cruzados 100x.).

De acuerdo a la descripción microscópica se trata de una dacita porfírica (Foto 4.15) con fenocristales de plagioclasa que se encuentran alterados a arcillas, cuarzo en una pasta que está constituido por microlitos de plagioclasa y opacos. Mediante el análisis de espectrograma los picos más altos indican el mayor contenido de minerales en porcentaje (Fig. 4.14) como son el cuarzo (50.71%), albita (34.39%), clorita (8.86%), calcita (1.84%), augita (1.46%), malaquita (1.16%), muscovita (1.36%), pirita (0.42%)

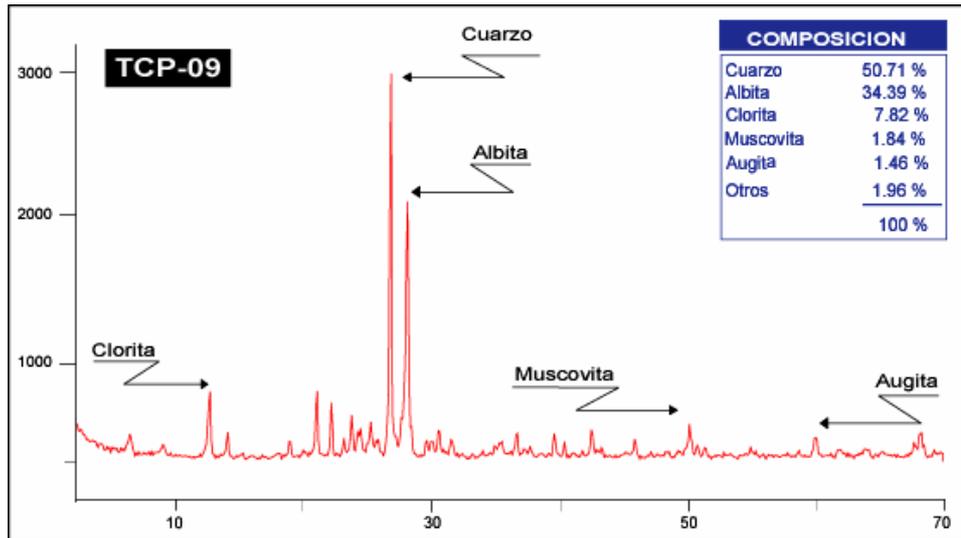


Fig. 4.14. Análisis de difracción de rayos X de la muestra TCP-09.

Existen dataciones radiométricas realizadas sobre este dique que dan una edad de  $12.9 \pm 0.1$  Ma por el método K/Ar sobre biotita (Vidal et al., 1984) que indican el Mioceno.

De acuerdo al análisis químico de elementos mayores de la muestra TCP-09 (Tabla 4.6) y mediante el diagrama T.A.S. según Middlemost (1994) (Fig. 4.12) corresponde a una dacita que refleja la composición modal de la roca; según el diagrama de Kuno (1960) indica una serie subalcalina (Fig. 4.13).

Tabla 4.6. Análisis químico de elementos mayores realizados en el SGS.

Muestra	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Total
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Tcp-9	68.16	0.5	15.84	3.54	0.02	0.07	1.12	1.92	5.42	3.22	0.18	100

#### 4.2.4. DOMOS

##### 4.2.4.1. Domo de Marcapunta

Aflora en la parte noreste de la zona de estudio en las coordenadas UTM: N 8808000, E 361000 (Foto 4.16). Tiene un área aproximada de 3.5 km<sup>2</sup>. Este domo corta las calizas de la Formación Calera..

De acuerdo a la bibliografía microscópicamente se trata de dacitas porfiríticas y andesitas. Compuesto por fenocristales de plagioclasas y sanidina en fenocristales euhedrales (40-45%) que alcanzan hasta 10 cm de tamaño, con ojos de cuarzo (5-10%); biotita (8-10%) y en menor proporción hornblenda, apatito y zircón; la matriz está formada principalmente por cristales de plagioclasas.



Foto 4.16. Afloramiento del domo de Marcapunta, vista tomada hacia el noreste.

Este domo fue datado en  $11.5 \pm 1.0$  Ma con el método K/Ar sobre biotita (Vidal et al., 1984) y  $12.4 \pm 0.06$  a  $12.9 \pm 0.1$  Ma con  $Ar^{40}/Ar^{39}$  sobre biotita (Bendezú & Fontboté, 2002) que indican una edad Miocena y representa la expresión más joven del magmatismo de la región.

#### 4.2.4.2. Domo de Señal Raco

Aflora al norte de la zona de estudio al oeste del cerro Marcapunta, tiene un área aproximada de  $1 \text{ km}^2$ . Este domo está formado por dacitas porfíricas (Cobbing, et al., 1996). Existen dataciones radiométricas que dan una edad de  $35.2 \pm 0.2$  Ma realizados en roca total, por el método K/Ar (Bonhomme S. 1985) asignándole una edad Eocena.



Foto 4.17. Afloramiento del cerro Señal Raco, vista tomada hacia el noroeste.

### 4.2.5. DEPOSITOS VOLCANICOS

#### 4.2.5.1. Volcánicos Huayllay

Aflora al sur de la zona de estudio cerca de los poblados de Huaygaga, Anticona, y Huayllay, tiene una dirección de afloramiento SE - NO (Foto 4.18.)



Foto 4.18. Afloramiento de las rocas volcánicas de la Formación Huayllay, vista tomada hacia el noroeste

Macroscópicamente se trata de un flujo de pómez y líticos de color gris amarillento, con textura porfírica (Foto 4.19) y con cristales de plagioclasa, cuarzo, biotita y fragmentos líticos polimícticos.



Foto. 4.19. Flujo porfiritico de la Formación Huayllay

De acuerdo a la descripción microscópica se trata de un flujo dacítico a riodacítico con matriz vítrea. Mediante el análisis de espectrograma los picos más altos indican el mayor contenido de minerales en porcentaje (Fig. 4.14) como son la plagioclasa 65%, cuarzo 20%, biotita 10%, fragmentos líticos 5%

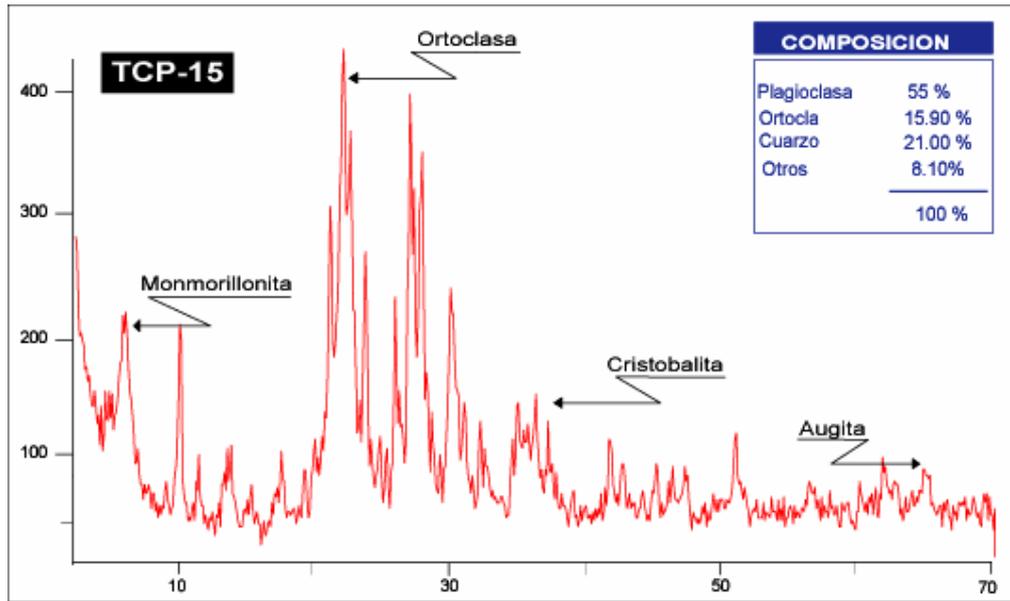


Fig. 4.13. Análisis de difracción de rayos X de la muestra TCP-15.

Estos depósitos son bastante frescos y han permitido realizar dataciones radiométricas por método de K-Ar que determinaron una edad de  $5 \pm 2$  a  $0.20$  Ma. En el cerro Shayhua Cruz (Farrar & Noble, 1976), Wilson (1975) reporta una edad de  $6.2 \pm 0.2$  (6.4) Ma. Quien realizó la datación por el método K-Ar en base a estas dos dataciones se le ubica en el Plioceno

## CAPITULO V

## TECTONICA

## **5.1. INTRODUCCIÓN**

En este capítulo se trata de mostrar la evolución tectónica a partir del mapa estructural (Fig. 5.1.), para la descripción se ha utilizado el diagrama de proyección estereográfica. Por otra parte se han construido secciones o cortes estructurales que fueron elaborados con el método de los cortes equilibrados, a partir de estos datos y las correlaciones se muestra la evolución tecto-sedimentaria de la zona de estudio.

## **5.2. DESCRIPCIÓN DE ESTRUCTURAS POR DOMINIOS**

La descripción de las estructuras se efectúa por dominios: Dominio Este y Dominio Oeste, que están controlados por la paleogeografía, tectónica, la sedimentología, y separadas por la Falla del río Mantaro.

Se hace la descripción de las estructuras a partir del mapa geológico (Fig. 3.3.) y del mapa estructural (Fig. 5.1.).

### **5.2.1. DOMINIO ESTE**

Se ubica al noreste de la Falla del río Mantaro donde afloran rocas desde el Paleozoico hasta el Cenozoico (Grupos Mitu, Pucará, Goyllarisquizga y formaciones Chayllacatana y Calera), que están afectadas principalmente por fallas y pliegues.

#### **5.2.1.1. Fallas**

La Falla Cerro de Pasco se ubica al noreste de la zona de estudio, al oeste del poblado de Santa Teresa. Es una estructura de dirección aproximada N-S. Se trata de una falla inversa con vergencia hacia el oeste y parece ser la más antigua de la zona ya que hace aflorar unidades Jurásicas (Formación Chambara). Esta falla también habría controlado el emplazamiento de los domos volcánicos de Marcapunta, San Gregorio y Colquijirca.

#### **5.2.1.2. Pliegues**

Los pliegues (Foto 5.1.) se localizan en el extremo oriental de la zona de estudio. Estos pliegues tienen dos eventos, el primer evento tiene una orientación mayormente N-S, el segundo evento tiene una orientación NO-SE que afectan a las distintas unidades litoestratigráficas existentes en esta zona.

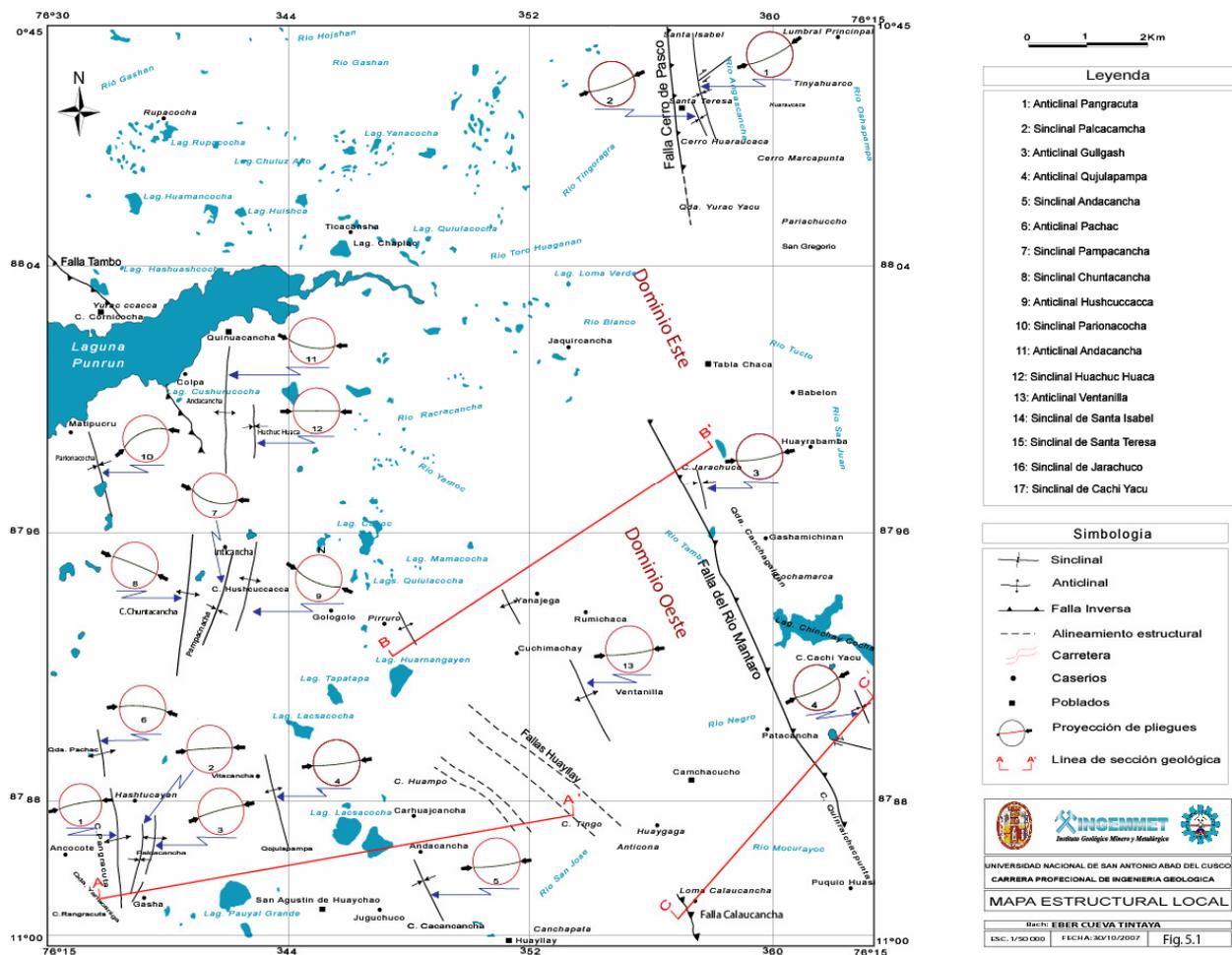


Fig. 5.1 Mapa estructural



Foto. 5.1. Calizas plegadas del Miembro E de la Formación Pocobamba, vista tomada hacia el noreste.

Durante el cartografiado de campo se pudo ubicar cuatro sinclinales denominadas Santa Isabel, Santa Teresa, Jarachuco, y Cachi Yacu que se describen a continuación.

El sinclinal de Santa Isabel está ubicado al este de la Falla Cerro de Pasco en el cerro Huaracaca donde afecta a unidades de los grupos Pucará y Mitu. Este sinclinal tiene una dirección N 334°, buzamientos moderadamente altas (50 a 60°) y con 9° de plungle (Diagrama 1).

El sinclinal de Santa Teresa esta ubicado al este de la Falla Cerro de Pasco en el cerro Huaraucaca y afecta a las calizas del Grupo Pucará. Este sinclinal tiene una dirección N 316°, buzamientos moderadamente bajas (40 a 50°) y con 10° de plungle (Diagrama 2).

El sinclinal de Jarachuco se halla ubicado en el cerro Jarachuco al oeste del caserío Huayrabamba afecta al Grupo Pucará. Este sinclinal tiene una dirección N 308° y con 11° de plungle (Diagrama 3).

El sinclinal de Cachi Yacu que se ubica al oeste del caserío de Huayrabamba afecta la parte superior del Grupo Pucará. Este sinclinal tiene una dirección N 328° y con 15° de plungle (Diagrama 4).

# DIAGRAMAS, 1, 2,3 Y 4

Diagrama 1

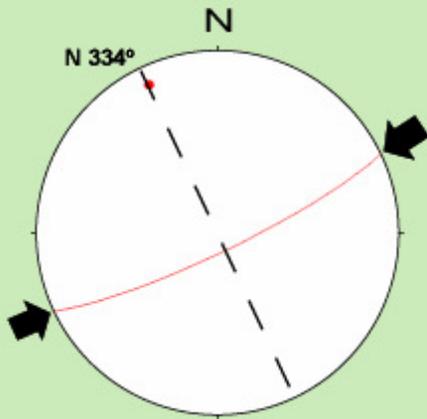


Diagrama 2

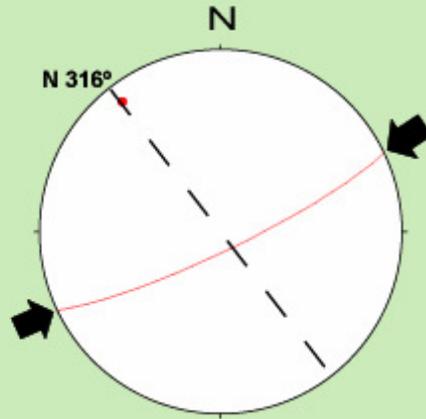


Diagrama 3

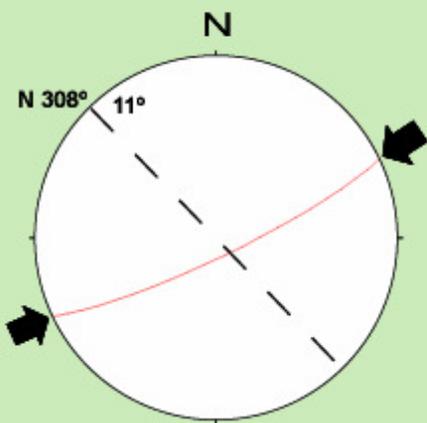
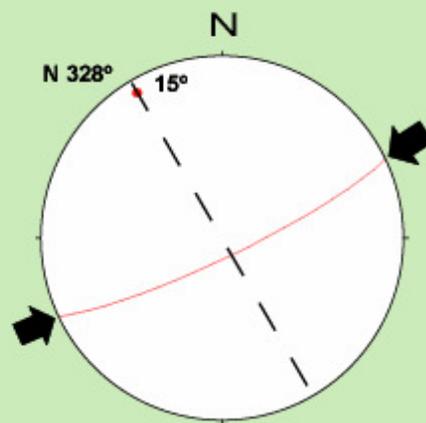


Diagrama 4



## 5.2.2. DOMINIO OESTE

Ubicado al suroeste de la Falla del río Mantaro, donde afloran rocas desde el Mesozoico hasta el Cenozoico (grupos Pucará y Goyllarisquiza, formaciones Chayllacatana, Chulec, Jumasha, Pocobamba, y Formación Huayllay). Estructuralmente se encuentran pliegues y fallas.

### 5.2.2.1. Fallas

La Falla del río Mantaro se encuentra ubicada al sureste de la zona de estudio cerca al poblado de Patacancha, tiene una orientación NO-SE, limita los Dominios Este y Oeste. Esta falla es inversa con vergencia hacia el oeste y hace aflorar a las unidades Triásicas del Grupo Pucará (Formación Condorsinga) y además controló la depositación de la Formación Pocobamba

Durante el Cenozoico. En las fotos 5.3 y 5.4 se muestra la microtectónica relacionado a la falla inversa del río Mantaro.



Foto 5.3. Vetillas de calcita afectada por fallas de rumbo en la Formación Pocobamba, vista tomada hacia el noreste.



Foto 5.4. Vetillas de calcita afectada por fallas de rumbo en el miembro E de la Formación Pocobamba, vista tomada hacia el noreste.

La Falla Calaucancha se encuentra ubicada sureste del caserío de Huaygaga, tiene una orientación NO-SE paralela a la Falla del río Mantaro. Esta falla es inversa con vergencia hacia el oeste y hace aflorar depósitos Jurásicos del Grupo Pucará (Formación Condorsinga) y pone en contacto discordante al Grupo Pucará con la Formación Huayllay.

Fallas Huayllay Las fallas Huayllay se ubican en el cerro Tingo al este del caserío de Carhuajcancha, tiene una orientación NO-SE, son paralelas a la Falla del río Mantaro, Se trata de alineaciones que han sido identificadas mediante fotografías aéreas y el análisis de imágenes satelitales.

La falla Tambo está ubicada al norte de la laguna Punrun, tiene una orientación NO-SE. Esta falla es inversa con vergencia hacia el este y hace aflorar las calizas de la Formación Jumasha. Esta falla pone en contacto discordante la Formación Huayllay y el Miembro E de la Formación Pocobamba (Foto 5.5).



Foto 5.5. Falla dextral del miembro E de la Formación Pocobamba relacionadas a esfuerzos de compresión, vista tomada hacia el noreste.

#### 5.2.2.2. Pliegues

Los pliegues se localizan ampliamente en el Dominio Oeste, y tienen mayormente una orientación NO-SE que afectan mayormente a la Formación Pocobamba (Foto 5.6).

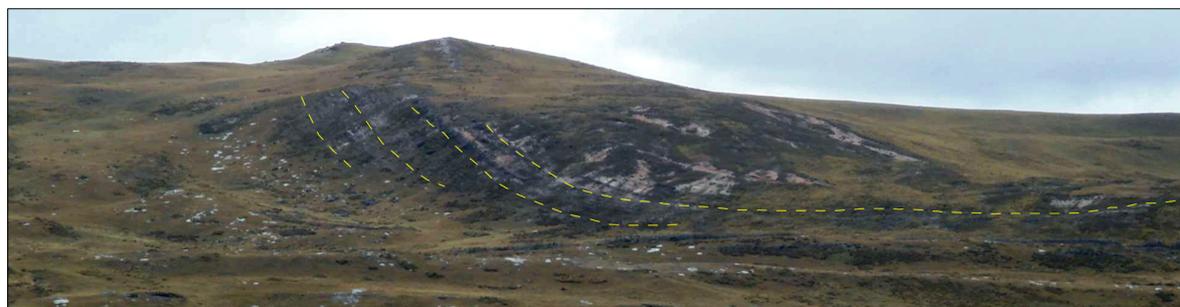


Foto 5.6. Pliegues de la Formación Pocobamba, vista tomada hacia el noreste.

En este dominio se cartografiaron siete anticlinales y seis sinclinales que a continuación se describen.

El anticlinal Pangracuta se ubica al noroeste del caserío de Ancocote donde afecta al Miembro E de la Formación Pocobamba. Este anticlinal tiene una dirección N 168°, buzamientos bajos (10 a 20°) y con 8° de plungle (Diagrama 5).

El sinclinal de Palcacancha se halla al sur del caserío de Hashtucayan donde afecta al Miembro E de la formación Pocobamba. Este sinclinal tiene una dirección N 175°, buzamientos moderadamente altos (60 a 70°) y con 2° de plungle (Diagrama 6).

El anticlinal de Gullgash se halla en el caserío de Gasha el cual se prolonga hacia el caserío de Hashtucayan, afecta al Miembro E de la Formación Pocobamba. Este anticlinal tiene

una dirección N 165°, buzamientos moderadamente altos (50 a 70°) y con 6° de plungle (Diagrama 7).

El anticlinal de Qojulupampa se ubica en el caserío de Vitacancha y afecta al Miembro C de la Formación Pocobamba. Este anticlinal tiene una dirección N 353°, buzamientos moderadamente altos (40 a 60°) y con 6° de plungle (Diagrama 8).

El sinclinal de Andacancha se ubica al noroeste del poblado de Huayllay donde afecta al Miembro E de la Formación Pocobamba. Este sinclinal tiene una dirección N 353°, buzamientos moderadamente bajos (40 a 50°) y con 6° de plungle (Diagrama 9).

El anticlinal de Pachac se ubica al noroeste del poblado Hashtucayan, afecta al Miembro E de la Formación Pocobamba. Este anticlinal tiene una dirección N 184°, buzamientos moderadamente altos (60 a 70°) y con 10° de plungle (Diagrama 10).

El sinclinal de Pampacancha se ubica al sur del caserío de Inticancha donde afecta al Miembro E de la Formación Pocobamba. Este sinclinal tiene una dirección N 13°, buzamientos altos (70 a 80°) y con 28° de plungle (Diagrama 11).

El sinclinal del cerro Chuntacancha se ubica al suroeste del caserío de Inticancha, afecta al Miembro E de la Formación Pocobamba. Este sinclinal tiene dirección N 202°, buzamientos bajos (20 a 40°) y con 4° de plungle (Diagrama 12).

El anticlinal del cerro Hushcuccacca se ubica al oeste del caserío de Gologolo, afecta al Miembro E de la Formación Pocobamba. Este anticlinal tiene una dirección N 21°, buzamientos moderadamente bajos (30 a 40°) y con 19° de plungle (Diagrama 13).

El sinclinal de Parionacocha se ubica al sureste del caserío de Matipucru, afecta al Miembro E de la Formación Pocobamba. Este sinclinal tiene una dirección N 157°, buzamientos moderadamente bajos (20 a 30°) y con 24° de plungle (Diagrama 14).

El anticlinal de Andacancha se ubica al sur del poblado de Quinuacancha, afecta a los depósitos de flujos de pómez y líticos de la Formación Huayllay. Este anticlinal tiene una dirección N 8°, buzamientos moderadamente altos (50 a 70°) y con 17° de plungle (Diagrama 15).

El sinclinal de Huachuc Huca se ubica al sureste del poblado de Quinuacancha, afecta al Miembro E de la Formación Pocobamba. Este sinclinal tiene una dirección N 2°, buzamientos moderadamente altos (50 a 60°) y con 00° de plungle (Diagrama 16).

El anticlinal de Ventanilla se ubica al sureste del caserío de Cuchimachay, afecta al Grupo Pucará. Este anticlinal tiene una dirección N 323°, buzamientos moderadamente altos (40 a 50°) y con 10° de plungle (Diagrama 17).

DIAGRAMAS, 5, 6,7 Y 8

Diagrama 5

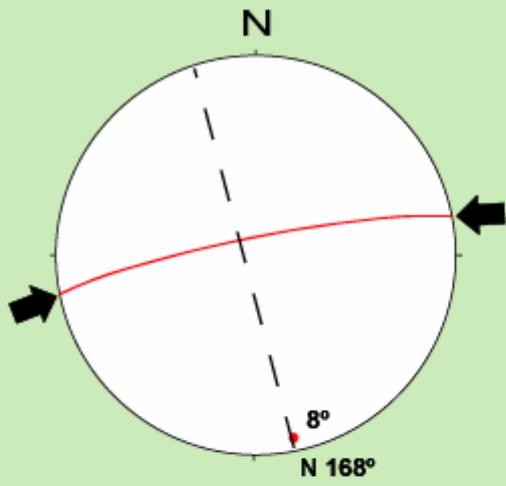


Diagrama 6

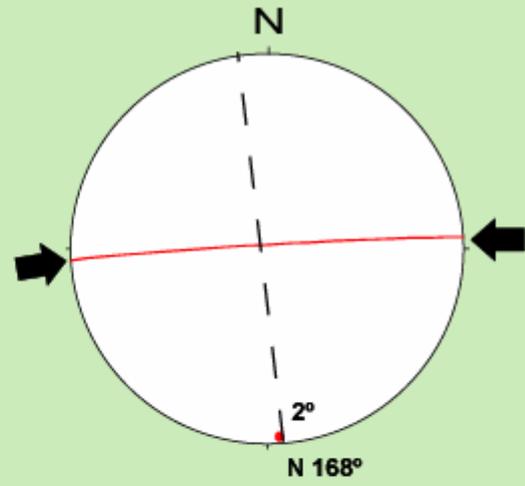


Diagrama 7

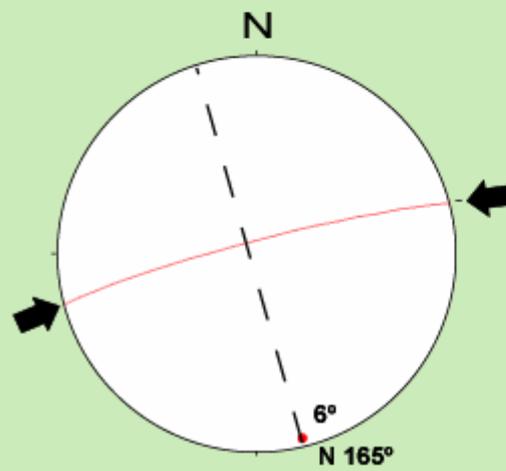
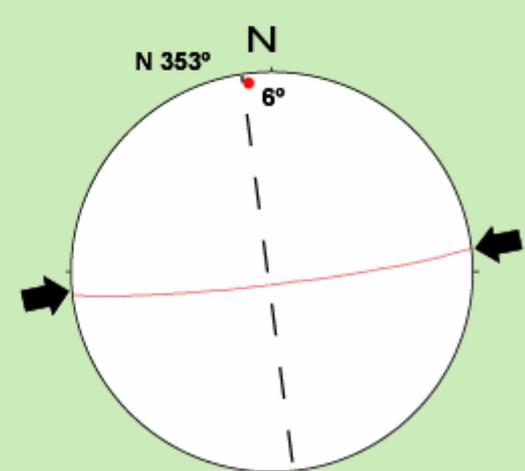


Diagrama 8



DIAGRAMAS, 9, 10, 11 y 12

Diagrama 9

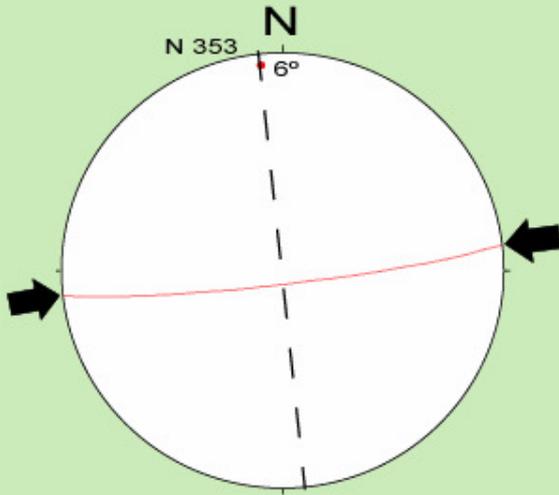


Diagrama 10

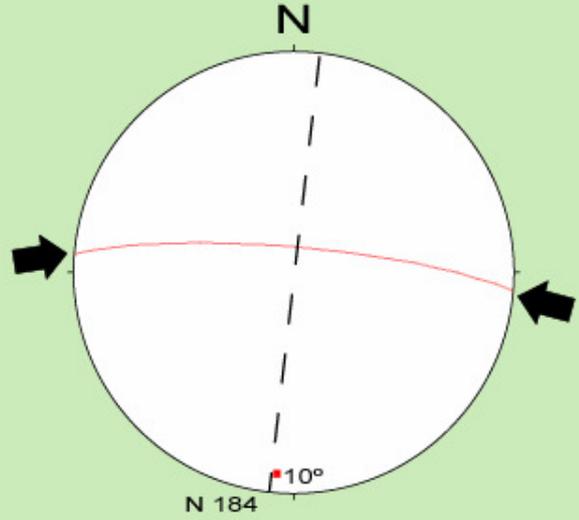


Diagrama 11

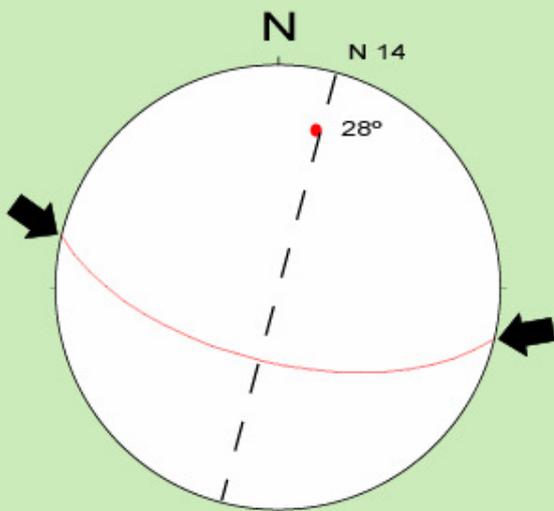
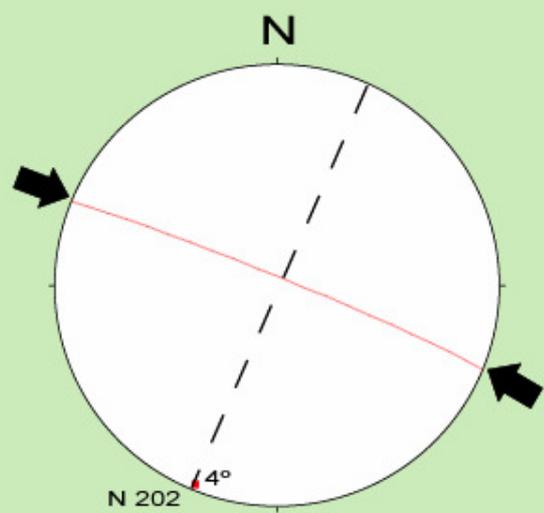


Diagrama 12



DIAGRAMAS, 13, 14, 15 y 16

Diagrama 13

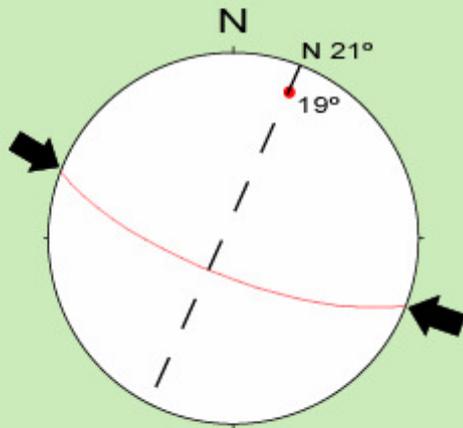


Diagrama 14

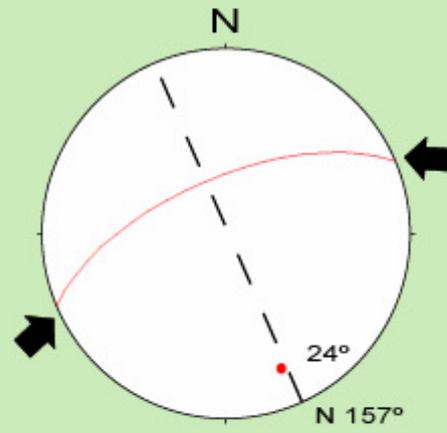


Diagrama 15

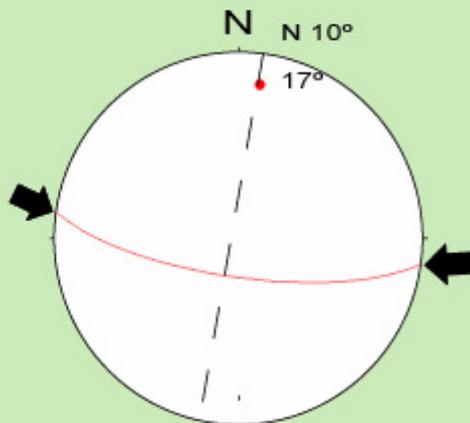
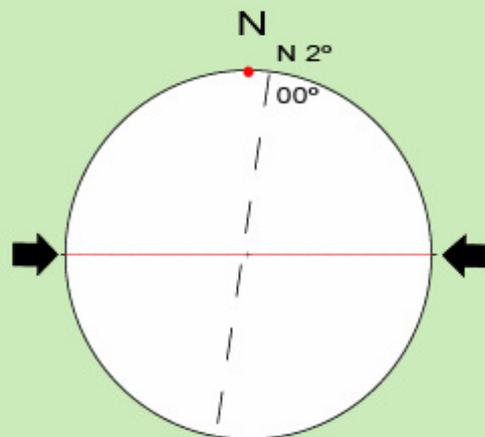
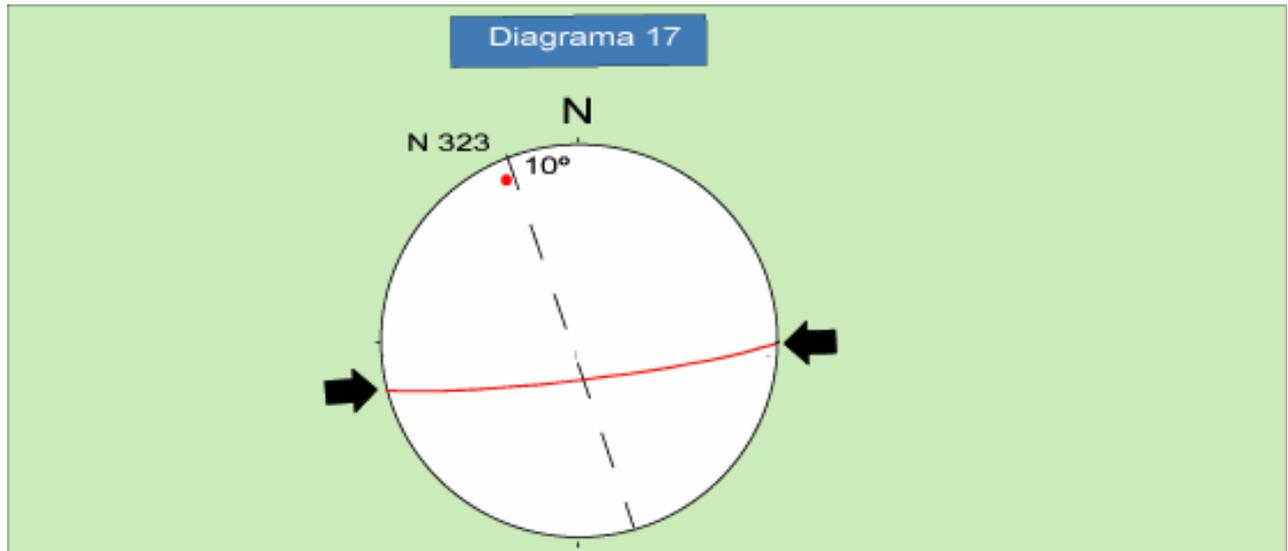


Diagrama 16



## DIAGRAMAS 17



### 5.3. DESCRIPCIÓN DE LAS SECCIONES ESTRUCTURALES

#### 5.3.1. SECCIÓN ESTRUCTURAL A-A' (Fig. 5.2)

Esta sección se ubica al suroeste de la zona de estudio al norte del poblado de San Agustín de Huaychao, tiene una orientación de oeste a este, y una longitud aproximada de 16.750 km empieza en la quebrada Yanacaniga y termina en el cerro Tingo.

En este corte estructural se observan los 5 miembros de la Formación Pocobamba. Hacia el oeste se tienen los anticlinales de Pangracuta, Gullgash y el sinclinal de Palcacancha que afectan al Miembro E de la Formación Pocobamba, tienen flancos moderados los cuales son interpretados como esfuerzos de compresión. Hacia la parte media se tiene el anticlinal de Qujulupampa el cual afecta al Miembro B y controlada por el intrusivo de Chuchucancha. Hacia el este se tiene el sinclinal de Andacancha que afecta al Miembro E y mas al este se puede observar un contacto angular entre la Formación Pocobamba y la Formación Huayllay que presenta fallas inversas producto de los esfuerzos de compresión.

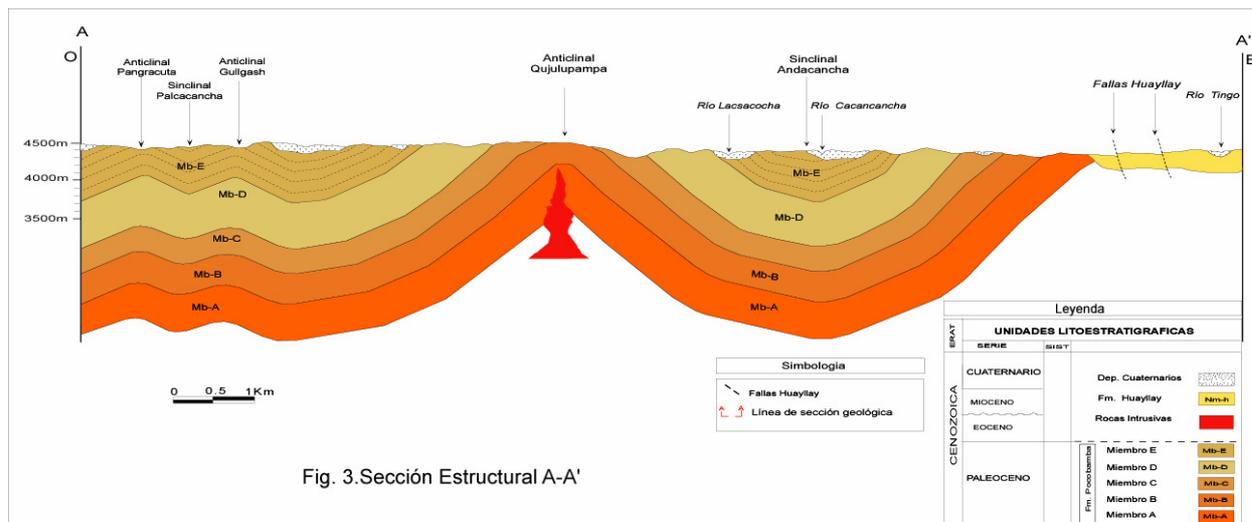
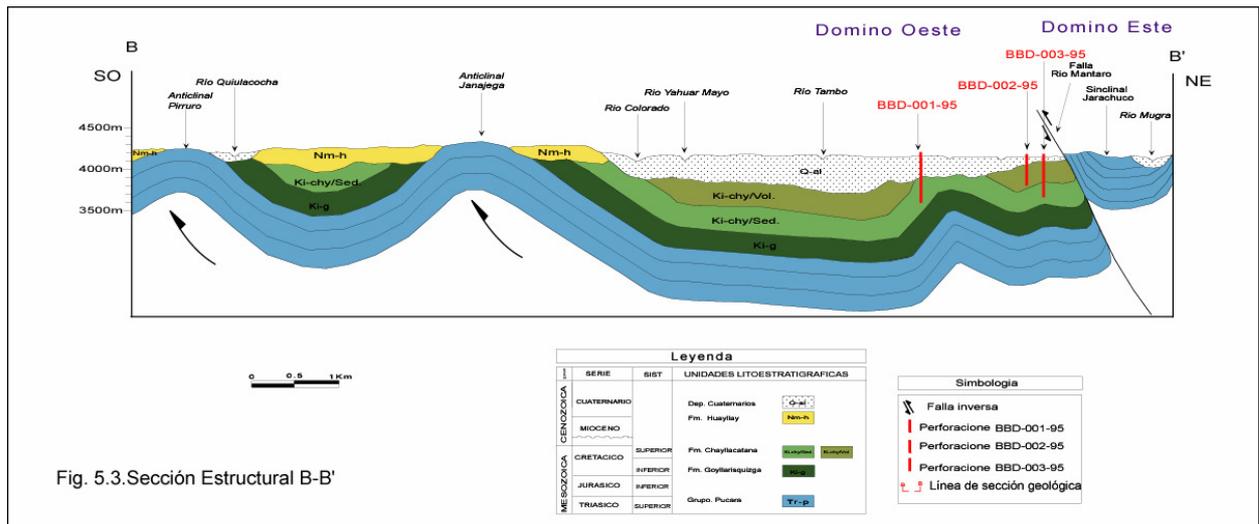


Fig. 3. Sección Estructural A-A'

### 5.3.2. SECCIÓN ESTRUCTURAL B-B' (Fig. 5.3)

Esta sección se ubica en la parte central de la zona de estudio cerca al caserío de Yanajega, tiene una orientación SO-NE con una longitud aproximada de 12.5 km que comienza al norte de la laguna Huarnangayan y termina en cerro Jarachuco.

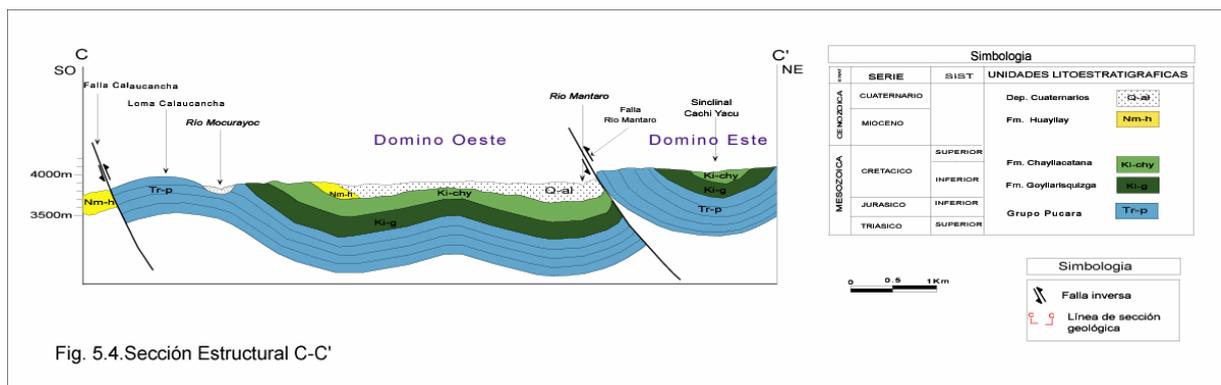
Al suroeste de la sección estructural se aprecia la Formación Huayllay en discordancia erosional con el Grupo Pucara (Formación Condorsinga) que forma el anticlinal Pirruro y el anticlinal de Janajega. Hacia el noreste se observan las tres perforaciones de la empresa RTZ de las cuales el taladro BBD-001-95 comienza con 198 m de materiales cuaternarios, seguidamente se tiene 163.20 m de rocas sedimentarias pertenecientes a la Formación Chayllacatana. La perforación BBD-002-95 atraviesa 100 m de depósitos cuaternarios, luego se tienen 228.20 m de rocas Volcánicas pertenecientes al Miembro B de la Formación Chayllacatana. La perforación BBD-003-95 tiene 56.50 m de depósitos cuaternarios, luego se intercepta 169.50 m de rocas volcánicas pertenecientes al Miembro B, seguidamente se tiene 74.8 m de rocas sedimentarias pertenecientes al Miembro A de la Formación Chayllacatana, seguidamente se tiene la Falla inversa del río Mantaro con vergencia hacia el oeste, que controla los afloramientos de Grupo Pucara y del sinclinal de Jarachuco.



### 5.3.3. SECCIÓN ESTRUCTURAL C-C' (Fig. 5.4)

Esta sección se ubica al sureste de la zona de estudio, al sureste de la localidad de Canchaducho, tiene una orientación SO-NE con una longitud de 9.8 km comienza en la loma Calaucancho y termina en el cerro Cachi Yacu.

Hacia el suroeste se aprecia a la Formación Huayllay y al Grupo Pucara (Formación Condorsinga) en contacto discordante que es controlado por la falla inversa de Calaucancho, que tiene una vergencia hacia el oeste, hacia la parte intermedia se tiene al Grupo Goyllarisquiza, Formación Chayllacatana en contacto concordante, luego se tiene a la Formación Huayllay en contacto angular. Hacia el noreste se tiene la Falla del río Mantaro, que es interpretada como una falla inversa con vergencia hacia el oeste; esta falla hace aflorar al Grupo Pucará (Formación Condorsinga) que a la vez forma el sinclinal de Cachi Yacu.



## **CAPITULO VI**

# **GEOLOGÍA ECONÓMICA**

## **6.1. INTRODUCCIÓN**

A partir del análisis bibliográfico de los minerales metálicos y no metálicos publicados por diversos autores, Mc Laughlin (1929), Jenks (1951), Boutwell (1920), Vidal et al. (1994), Cobbing et al. (1995), se preparó el presente capítulo, en donde se han ubicado los diferentes yacimientos metálicos y no metálicos (Fig. 6.1).

El potencial minero del área de estudio es significativo y está relacionado principalmente a yacimientos del tipo epitermale de alta sulfuración (Cu-Au y As), entre los cuales destacan los yacimientos de Colquijirca, Marcapunta y San Gregorio, estas minas corresponden al corredor metalogénico de Cerro de Pasco.

En lo referente a los depósitos no metálico el potencial es muy bueno, especialmente para la elaboración de cementos, así como en materiales aluviales que son usados como lastre, para las carreteras.

## **6.2. YACIMIENTOS METALICAS (Fig. 6.1).**

### **6.2.1. MINA COLQUIJIRCA**

Esta ubicado al extremo noreste de la zona de estudio, distrito de Tinyahuarco. Provincia y departamento de Cerro de Pasco, entre 2 a 3 km al norte del centro volcánico de Marcapunta a una altura aproximada de 4,300 msnm y entre las coordenadas N. 8808271, E 361760 siendo un yacimiento del tipo epitermal de alta sulfuración. Sarmiento (2004).

Geológicamente se encuentra emplazado en rocas carbonatadas y detríticas de la Formación Calera, (Yaringaño et al., 1997).

La edad de mineralización de Colquijirca a partir de la relación con la tectónica no sería mayor a la fase de deformación del distrito, es decir a la fase Aymara del Oligoceno superior (26-28 Ma) o a la quechua I del mioceno inferior hace 15-17 Ma (Sébrier et al, 1988 in Ángeles 1992) y esta se habría emplazado prioritariamente hacia las charnelas en una secuencia ya plegada, Bendezu (1997).

Las alteraciones hipogénicas del yacimiento de Colquijirca corresponden, al igual que en San Gregorio, a los producidos por fluidos ácidos, con agilización caolinita-dickita y decarbonatización, además de dolomitización y silificación. (Bendezu (1997).

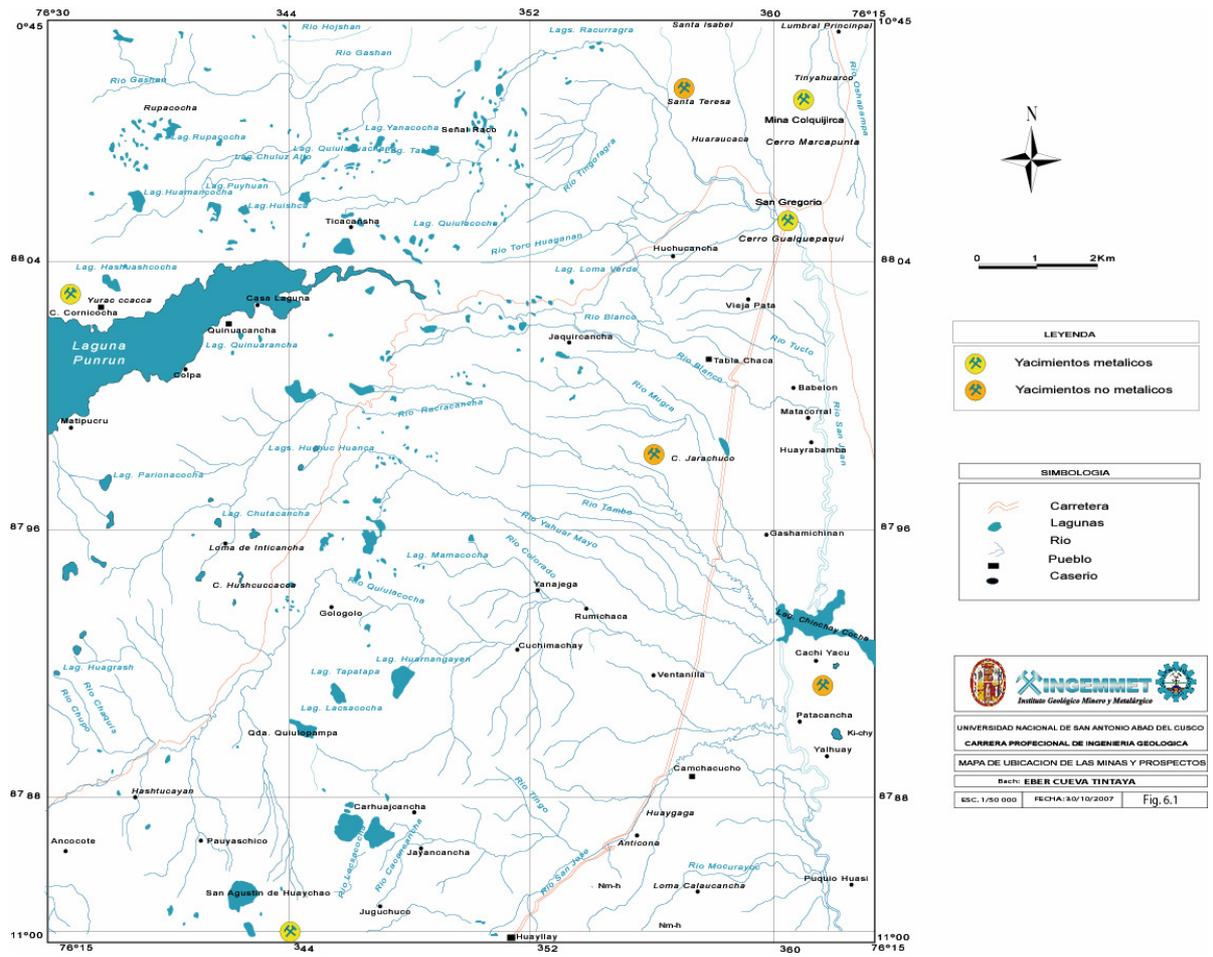


Fig. 6.1 Mapa de afloramientos

Este limite de edad concordante con la edad del magmatismo de Marcapunta que fue datada por Vidal et al. (1984) en  $11 \pm 0.4$  Ma evento que estaría relacionado la alteración hidrotermal y mineralización de este deposito.

El área del yacimiento esta ubicada estructuralmente dentro de un anticlinal, cuyo rumbo promedio (eje anticlinal) es N 20° O y presenta un suave buzamiento hacia el sur siendo la roca caja las calizas de la Formación calera (Cobbing et al., 1996).

### 6.2.2. DEPOSITOS DE ENARGITA –AU EN MARCAPUNTA (FIG.6.2)

El depósito de enargita-Au de Marcapunta se ubica en el centro del distrito minero de Colquijirca al sur del distrito minero de Cerro de Pasco. Las secuencias mineralizas se encuentran en el Grupo Mitu de edad (Pérmo-Triásica), seguidas por las calizas y dolomías del Grupo Pucará de edad cretácico a jurasico las que a su vez son seguidas por brechas de carbonatos, conglomerados y calizas de la Formación Calera del eoceno (Mc Laughlin, 1994) estas unidades fueron recubiertas durante el Mioceno por depósitos de flujos y pómez pertenecientes a la Formación Huayllay.

El cerro Marcapunta es un centro volcánico del tipo complejo de domos, las lavas acidas controladas por fallas de dirección N-S

La mineralización de cobre (enargita) se emplaza básicamente en el bloque norte, en las rocas de la Formación Calera, en donde se ha podido identificar dos cuerpos mineralizados denominados mantos mineralizados y brecha mineralizada (Yaringaño et al., 1997).

Los mantos mineralizados se conforman de una mineralización de rocas carbonatadas y detritos finos, cuya mineralización económica es la silificación, asociada a pirita masiva y cristalizada, a la cual acompaña la enargita en diversas ocurrencias. Siendo la colpirita, covellina mas restringidas, (Yaringaño et al., 1997).

La brecha mineralizada la componen predominantemente clastos carbonatados y ocasionalmente ígneos englobados en una matriz detrítica, en cual todo en conjunto se aya silificado y donde la mineralización consiste principalmente de pirita y enargita que comúnmente han reemplazo la matriz de la brecha (Yaringaño et al., 1997).

Para ambos cuerpos mineralizados, las ocurrencias de Oro-Electrun son muy erráticas, y solo son perceptibles a nivel microscópico, el mismo que se encuentra como inclusiones sólidas y rellenos de cavidades en la enargita y pirita (McLeod & Ramirez, 1196).

El centro volcánico de Marcapunta, que recubre la mineralización Cu+Au, está intensamente alterada (ensambles argilica avanzada), constituidos por crestones de cuarzo-alunita con alos argilicos. Las alunitas fueron datadas en  $11.6 \pm 0.1$  Ma por el método K/Ar y  $10.6 \pm 0.1$  Ma por  $^{40}\text{Ar} / ^{39}\text{Ar}$  (Bendezú, 2003).

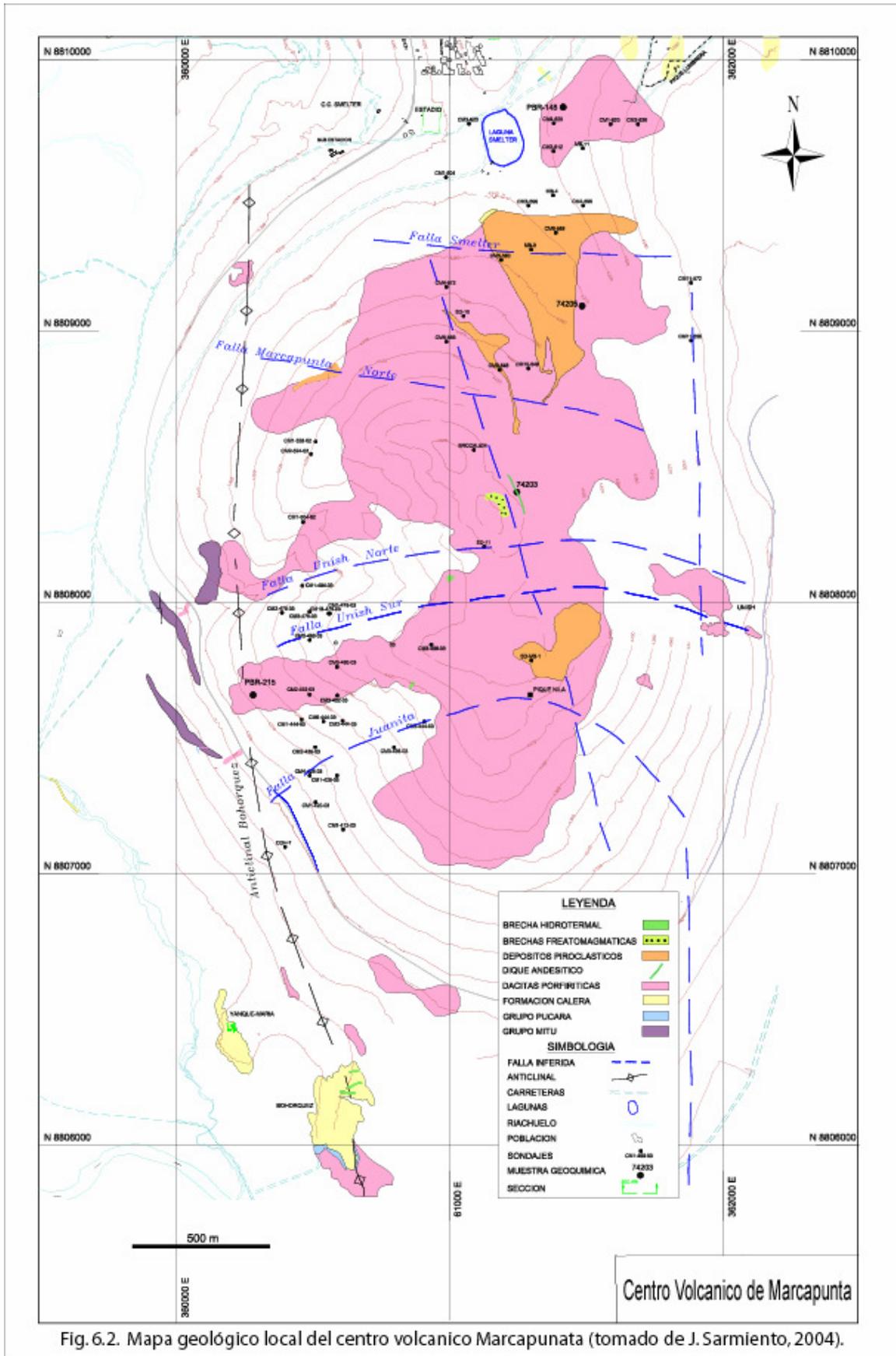


Fig. 6.2. Mapa geológico local del centro volcanico Marcapunata (tomado de J. Sarmiento, 2004).

Fig. 6.2 Mapa de mina Colquijirca

### 6.2.3 MINA SAN GREGORIO

Esta ubicado en el distrito de Tinyahuarco. Provincia y departamento de Cerro de Pasco a 2 km hacia el sur, de la mina Colquijirca con una altitud promedio de 4,183 msnm es un prospecto con antecedente de exploración y desarrollo minera en las décadas de 1910 a 1940 de donde se extrajo óxidos argento-bismutiníferas del tajo abierto al este del cerro Colquijirca (Yaringaño et al., 1997).

Las compañías de exploración alrededor de dicho afloramiento datan desde 1930 y con las últimas campañas de perforación diamantinas con ello se a podido interpretar el marco geológico de esta zona.

Se tiene las siguientes sucesiones estratigráficas: en la base esta formado por areniscas y limolitas rojas pertenecientes al Grupo Mitu seguidas de en discordancia erosional de una delgada secuencia denominada Brecha Basal donde le suprayace a esta unidad, una secuencia de rocas carbonatadas y detríticas constituida por dolomias, calizas y limolitas pertenecientes al Grupo Pucará (Yaringaño et al., 1997).

La mineralogía de san Gregorio, en la que predomina la esfalerita con algo de pirita y galena presentan las siguientes ocurrencias: como finas disseminaciones, en dolomias, limos, margas de rocas carbonatadas y detríticas como pequeñas cristales en cavidades de dolomias lixiviadas con escasa caolinización. Como agregados microcristalinos que llegan a conformar morfologías estratiformes, bandeadas, masivas e incluso como relleno entre contactos, en este último grupo en ocasiones llega a formar densos tramos de sulfuros en los cuales no se alcanza a distinguir la roca original, o que esta se identifique con dificultad al cual se le llama roca silificada.

La edad asignada a esta unidad esta basada a evidencias paleontológicas tanto en los sondeos diamantinos como también en los afloramientos del cerro Gualquepaqui, las especies halladas son Ammonites del triásico superior (Ángeles, 1993).

La edad de mineralización de san Gregorio no sería mayor de 15 a 17 Ma perteneciendo al mioceno inferior (Bendezú, 1997).

### 6.3. YACIMIENTOS NO METÁLICAS

Los depósitos no metálicos más importantes que existen en el área son las calizas y los depósitos de flujos de pómez y líticos, además se tiene depósitos de gravas y arenas de los ríos (Fig. 4.4) todos estos depósitos están interconectados a la red vial y son de fácil explotación.

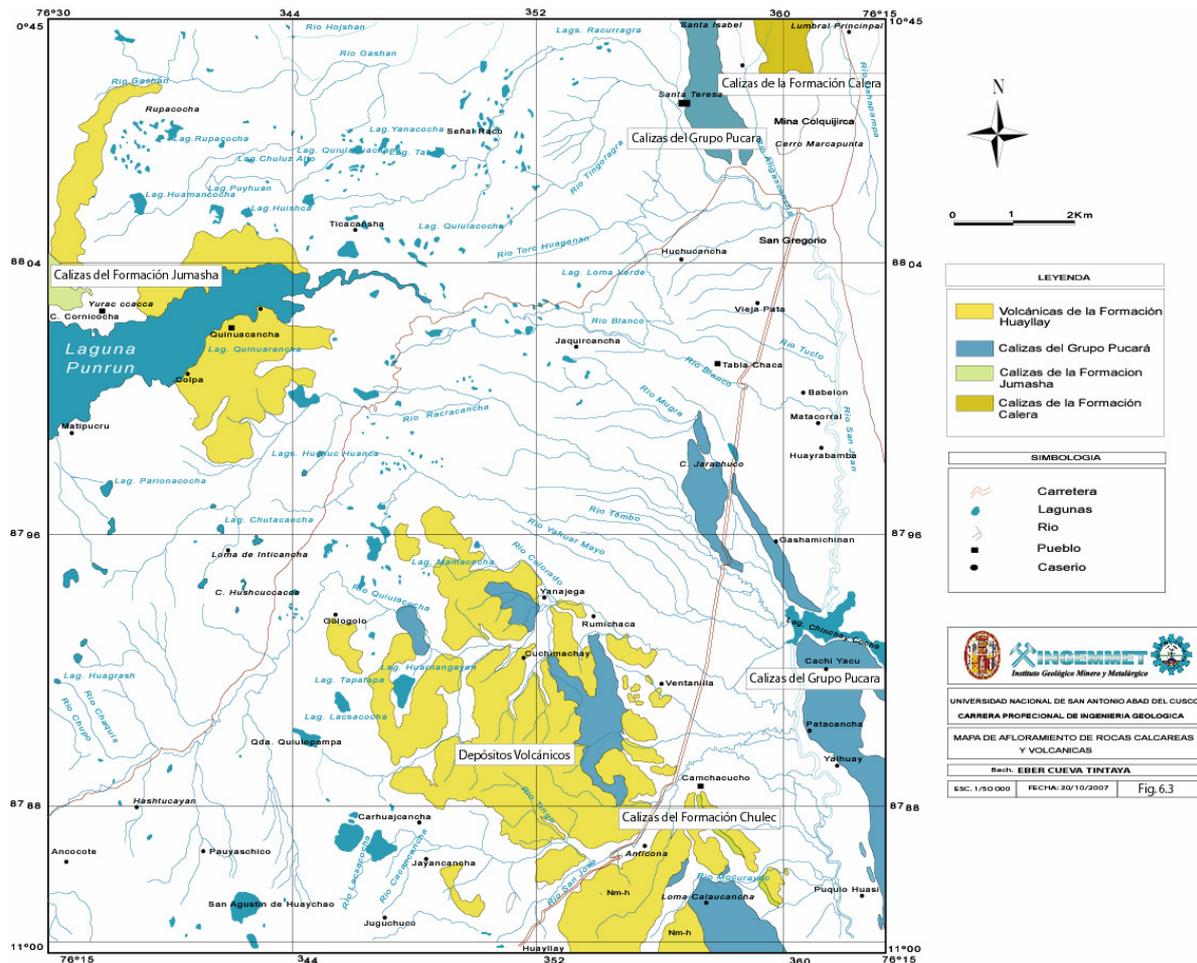


Fig. 6.3 Mapa de afloramientos no metálicos

### 6.3.1. CALIZAS (FIG. 6.3).

Las calizas provienen de los afloramientos del Grupo Pucará (Foto 6.1) y de las formaciones Chulec, Calera y de la Formación Jumasha, estas calizas están distribuidas en toda la zona de estudio, presentándose como una franja de orientación NO-SE y como lentes aislados al sur de laguna Punrun, son de gran importancia para la fabricación de cementos y actualmente estas calizas son usadas como material de construcción y como lastre para las carreteras.

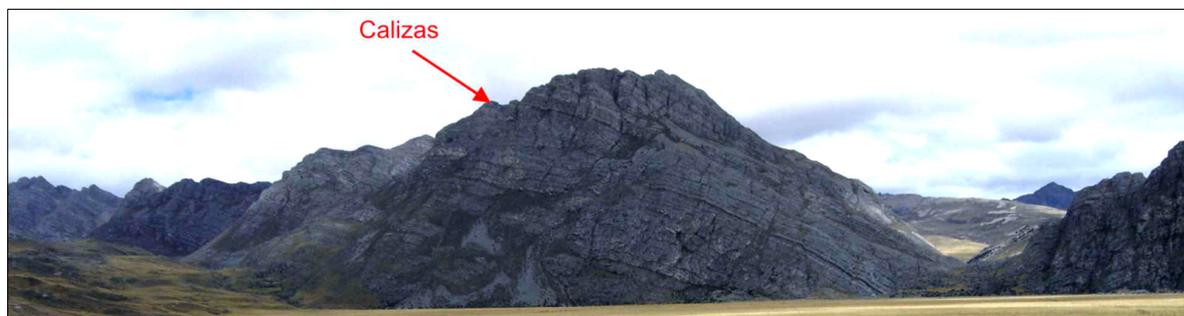


Foto. 6.1. Calizas del Grupo Pucará, vista tomada hacia el noreste.

### 6.3.2. ROCAS VOLCÁNICAS

Estas rocas volcánicas de la Formación Huayllay son conocidos como el “Santuario Nacional de Huayllay”, ubicado en el distrito del mismo nombre al sureste de la zona de estudio y en la provincia de Cerro de Pasco, en donde fue reconocido como Santuario Nacional de Huayllay (Fotos 6.2, 6.3, 6.4 y 6.5) por decreto supremo N° 750-74-AG del 17 de agosto de 1974, con extensión de 6, 815 Hectáreas

Las vías de acceso al santuario nacional de Huayllay es a través de la carretera central que une Lima-La Oroya-Junín- villa de Pasco (desvió a Huayllay), como también es accesible por vía aérea a través del aeropuerto de Vicco, que se encuentra a 15 km del santuario nacional de Huayllay, litologicamente son depósitos de flujos de pómez y que se depositaron durante el Mioceno.

A continuación se describe algunas fotos más destacables del Santuario de Nacional de Huayllay la Foto 6.2, muestra una tortuga que es un monumento lítico, la Foto 6.3, muestra un conjunto de farallones alineados, la Foto 6.4, muestra el pórtico formación pétreo de 15 m de altura por 6 m de ancho, la Foto 6.5, se muestra el saludo del oso pardo, cada una de esta figuras se dieron gracias a la erosión e intemperismo que existe en la zona de estudio.



Foto 6.2 Tortuga, monumento lítico,  
Vista tomada hacia el norte



Foto 6.3. Conjunto de farallones,  
Vista tomada hacia el norte

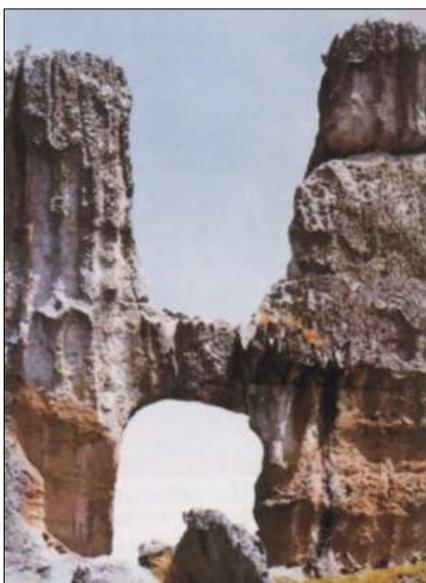


Foto 6.4. El pórtico, formación  
pétreo de 15 m de altura por 6 m de  
ancho, vista tomada hacia el noreste

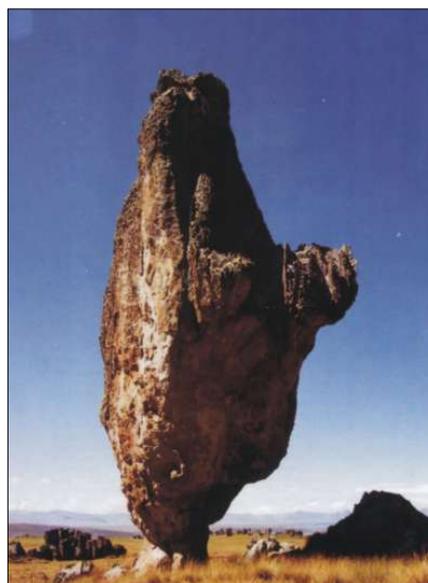


Foto 6.5 El saludo del oso pardo,  
vista tomada hacia el norte.

### 6.3.3. DEPÓSITOS DE GRAVA Y ARENA

En los Valles de los ríos blanco, Puric rumi, San José y el río Mantaro, en toda la Meseta de Bombón se puede encontrar material fluvial formando por pequeñas terrazas. Estos recursos ocurren dispersos y son explotados en algunos lugares de donde se puede extraer, grava y arena. La grava consiste principalmente en clastos de cuarcitas, volcánicos, intrusivos, etc. Estos están clasificados como buenos materiales de construcción para hormigón, La arena es explotada y se encuentra suelta mayormente ocupando los fondos de los valles.

## CONCLUSIONES

1. En la zona de estudio el Grupo Mitu se compone de conglomerados polimícticos de coloración rojiza.
2. En el Grupo Pucara se han identificado 9 Miembros. Del Miembro I al VII se le denomina como Formación Chambara, el Miembro VIII se denomina como la Formación Aramachay y el Miembro IX se le denomina como la Formación Condorsinga.
3. También se ha puesto en evidencia secuencias del Grupo Goyllarisquizga que esta compuesto por Areniscas cuarzosas de coloraciones rojizas y blancas.
4. Mediante los logueos realizados en los taladros perforados por la empresa RTZ y una columna estratigráfica en la quebrada Jarachuco se ha puesto en evidencia la Formación Chayllacatana que se divide en los miembros A y B. El Miembro A se compone por una intercalación de areniscas y lutitas de coloración rojiza. El Miembro B esta compuesto por rocas volcánicas de composición basáltica de acuerdo a los análisis químicos. Mediante dataciones radiométricas y por su posición estratigráfica se le asigna una edad Aptiano superior.
5. También se ha puesto en evidencia la Formación Pocobamba y mediante el análisis de facies y secuencias se dividen en 5 miembros (A, B, C, D y E). Estos miembros se componen en general por secuencias grano decrecientes y con paleocorrientes de dirección suroeste. Por su posición estratigráfica a la Formación Pocobamba se le asigna una edad Eocena inferior.
6. El Miembro A de la Formación Pocobamba está compuesto por intercalaciones de areniscas y lutitas. El Miembro B se compone de intercalaciones de conglomerados con clastos principalmente de cuarcitas, areniscas y lutitas. El Miembro C se compone de intercalaciones de calizas, areniscas finas y lutitas. El Miembro D se compone de intercalaciones de conglomerados con clastos principalmente de volcánicos, areniscas de grano grueso a medio y lutitas. El Miembro E se compone de intercalaciones de areniscas finas, lutitas y niveles de caliza.
7. De la descripción macroscópica, microscópica y de los análisis de rayos X mediante espectrogramas se ha definido el tipo de roca en los niveles volcánicos de la Formación Chayllacatana, habiéndose determinado basaltos de composición alcalina.
8. De la descripción macroscópica, microscópica y de los análisis de rayos X mediante espectrogramas se ha definido el tipo de roca en los domos y diques de edad Miocena, habiéndose determinado dacitas porfíricas de composición subalcalina.
9. El magmatismo está relacionado a las principales estructuras y en algunos casos ha originado cuerpos que han aportado mineralizaciones económicas como es el caso de los yacimientos de Colquijirca, Marcapunta y San Gregorio
10. Se ha puesto en evidencia una estructura mayor denominada como Falla inversa del río Mantaro, que tiene una dirección NO-SE con vergencia al oeste. Otras fallas inversas conocidas son Cerro de Pasco y Tambo con vergencia hacia el oeste.

11. La zona de estudio se divide en los Dominios Este y Oeste que están limitados por la Falla del río Mantaro y están caracterizados por la presencia de fallas y pliegues de importancia local.
12. Estructuras importantes en el Dominio Oeste son las Fallas Calaucancha Tambo y el alineamiento de la Formación Huayllay. Las fallas más importantes en el Dominio Este son la Falla del río Mantaro y la Falla Cerro de Pasco.
13. La Falla Cerro de Pasco y la Falla del río Mantaro son estructura que han controlado la evolución paleogeográfica Meso-Cenozoica y el emplazamiento de cuerpos volcánicos en forma de domos.
14. La Falla Cerro de Pasco de dirección N-S, constituye una estructura muy antigua, ya que ha controlado los depósitos Triásico-Jurásicos del Grupo Pucará.
15. La Falla del río Mantaro parece haber controlado la depositación de la Formación Pocobamba durante el Paleoceno-Eoceno, que están afectados por estructuras tectónicas principalmente pliegues. Los pliegues afectan principalmente al Miembro E ya que en esta zona se tiene un número mayor de pliegues, y hacia el este estos pliegues se van amortiguando y afectan en menor grado a los miembros A, B y C. Estos pliegues parecen corresponder a dos eventos, el primer evento se habría dado probablemente durante el Eoceno-Oligoceno con dirección NO-SE, mientras el segundo evento se habría dado durante el Mioceno-Plioceno con dirección N-S
16. Estos pliegues son interpretados como resultado de los esfuerzos de compresión en dirección E-O a NE-SO, las que a su vez coinciden con la dirección de convergencia entre las placas de Nazca y Sudamérica.
17. Los yacimientos de enargita y oro presentes en la parte noreste de la zona de estudio están ligados a grandes controles estructurales con direcciones N-S, donde se han emplazado la intrusión de dacitas y andesitas, estos yacimientos están relacionados a depósitos Epitermales.

## **RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda proseguir con el estudio de las unidades Cenozoicas del centro del Perú para así conocer de una manera más amplia la evolución paleogeográfica y geodinámica.
2. Se recomienda ampliar el estudio del magmatismo de la región, para encontrar los puntos de emisión de los depósitos piroclásticos presentes en el área, tal como la Formación Huayllay.
3. Se recomienda realizar un mayor número de dataciones radiométricas para conocer las edades precisas de las unidades litoestratigráficas y rocas magmática.
4. Se recomienda realizar una estandarización de la nomenclatura estratigráfica de la región.
5. Se recomienda levantar más columnas estratigráficas de la Formación Pocobamba para determinar su evolución paleogeográfica.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Ángeles, C.** (1999). Los Sedimentos Cenozoicos de Cerro de Pasco: estratigrafía, sedimentación y tectónica. Ed. Aniversario Sociedad Geológica del Perú, Volumen Jubilar N° 5, Pp. 103-118.
- Alberto, Z., Rosell, W., Sánchez, A., Valdivia, W., Abarca, F.** (2004), Facies Mixtas del Cretáceo Inferior en la Localidad de Goyllarisquizga – Andes Centrales del Perú. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, Volumen Jubilar N° 6, Pp. 564-567).
- Bendezú, J.** (1997). Caracterización geológica mineralogía y geoquímicas de los yacimientos de Zn-Pb (+Ag) De san Gregorio y Colquijirca emplazados en unidades sedimentarias en los bordes del sistema epitermal de alta sulfuración de Marcapunta. *Unpub.* Tesis de Ingeniero. Universidad Nacional de Ingeniería. p, 5-37.
- Bendezú, J.** (2007) Shallow Polymetallic and Precious Metal Mineralization Associated with a Miocene Diatreme-dome Complex: the Colquijirca Distric the Peruvian Andes p, 5-40.
- Boit, B.** (1962). Revisión de la estratigrafía en varias regiones de las provincias de Pasco Y Junín, Museo de Hist, Natural. Javier Prado, Memorias, n, p1, 3,41.1-20
- Canchas, L.** (2000) Mineralización y Zonamiento del Yacimiento de Zinc – Plomo de san Gregorio Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, Pp. 68.
- Carlotta, V. Cárdenas, J., Carlier, G., Díaz, E., Cerpa, L., Valderrama, P., Velarde, T.** (2004) Evolución Tectónica y Sedimentaria de la Cuenca Mitu (Pérmo-Triásico) de la Región de Abancay-Cusco-Sicuaní (sur del Perú) Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, Volumen Jubilar N° 6, Pp. 412-414).
- Carlotta, V., Gil, R., Cárdenas, J., Chávez, R.** (1996) Geología de los cuadrángulos de Urubamba y Calca, Serie A, Boletín N° 65. INGEMMET, p 22 -105.
- Cobbing, J., Quispesivana, L., Paz, M.** (1996). Geología de los cuadrángulos de Ambo, Cerro de Pasco y Andores, Serie A, Boletín N° 77. INGEMMET, p, 5 -105.
- Harrison, J.** (1940). Nota Preliminar Sobre la Geología de los Andes Centrales del Perú. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, Pp. 10, 5-52.
- Huldrych, W.** (1995) Evaporitas Volcánicas, Grupo Pucara, Perú Central Componentes Volcánicas, Evaporitas y Sedimentos Metalíferos en la Parte Occidental de la Cuenca Grupo Pucara, Perú Central. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, Pp. 179-191.
- Jacay, J.** (1994). Evolution Tectono-Sedimentaire de la Marge Andine: le Crétacé Supérieur des Andes Du Pérou Central Et Septentrional. *Unpub.* Tesis de DEA. Université Joseph Fourier, Grenoble, p, 1-3.

- Jaimes, F. & Romero, D.** (1996). Las Cuencas Sin-Orogénicas de la Región del Cusco: la Cuenca Paruro (Mioceno Superior).
- Mamani, H. & Ibarra, I.** (2000). Magmatismo y Tectónica Mesógenozoica del Altiplano y del borde Noreste de la Cordillera Occidental de la Región de Puno.
- Mégard, F.** (1968). Geología del Cuadrángulo de Huancayo, Serie A, Carta Geológica Nacional, Vol. p, 18-128
- Mégard, F., Caldos, V., Parez, P., De la Cruz, N.** (1996). Geología de los cuadrángulos de Tarma, la Oroya y Yauyos, Serie A, Boletín N° 69. INGEMMET, p, 21-143.
- Milla, D.** (1994) Estudio Estructural Entre las Minas Animon y Huaron
- Monteagudo, I.** (2004) Mineralización y Zoneamiento en el Distrito Minero Colquijirca, Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, Volumen Jubilar N° 6, Pp. 683-686
- Miall, A.** (1978). Litofacies types and vertical profile models in braided river deposits: A summary. In: Fluvial Sedimentology. Mem. Can. Soc. Petrol. Geol. Mem. Eds. Montreal. Canada. 1-47
- Miall, A.** (1985) Architectural-element analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits. *Earth Sci. Rev.*, 22, 261-308.
- Miall, A.** (1996). The Geology of Fluvial Deposits: Sedimentary facies, basin analysis, and Petroleum Geology. Springer, p, 89-95.
- Newell, N., Chronic, J., Thomas, G.** (1953). Upper Palaeozoic of Peru, Publication. New York: Geological Society of America, collection: memoir n. p, 58, 5-9.
- Pinto, V.** (1997) Petrografía del Prospecto San Gregorio-Colquijirca. *Unpub.* Tesis de Ingeniero. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa p, 1-12.
- La Torre, O. & Oros, V.** (2000) Evolución Sedimentológica y Tectónica Terciaria entre la Laguna Langui-Layo y Llalli (borde NE de la Cordillera Occidental).
- Guzmán, L.** (1993) Estudio Geológico del Yacimiento Minero de Colquijirca y su Implicancia en su diseño y Resultado de Voladura.
- Rossell, W. & Tintaya, D.** (1997) Estudio Geológico del Área de Vilcabamba.
- Romero, D., Sánchez, A., Martínez, W., Torres, V., Cruz, M., Ramos, B., Navarro, P.** (2004), Interpretaciones Preliminares de la Paleogeografía y Geodinámica Durante el Albiano Inferior en el Centro del Perú: Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, Volumen Jubilar N° 6, Pp. 517-520.
- Romero, D., Sánchez, A., Martínez, W., Cervantes, G., Cruz, M., Susankler, M.** (2005) An Aborted Rift Process of Apitan- Albian Age in Central Peru, and its Significance for

the Margin Geodynamics: Boletín de 6th International Symposium on Andean Geodynamics, Pp. 616-619.

- Rosas, S. & Fontboré, L.** (1995) Evolución Sedimentológica del Grupo Pucara (Triásico superior – Jurásico Inferior) en un Perfil SW – NE en el Centro del Perú, Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, Pp. 179-309.
- Rivera, J.** (2004) Metalogenia del Distrito Minero de Cerro de Pasco. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, Volumen Jubilar N° 6, Pp. 715-718).
- Santos, B., Espinoza, S., Álvarez, E., Laureano, P.** (1992), El santuario Nacional de Huayllay, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión p, 19-23
- Sarmiento, J.** (2004) Domos de Lava Relacionados a la Diatrema Principal en el Centro Volcánico Marcapunta, Distrito Minero de Colquijirca – Perú Central
- Soler, P.** (1989) Petrography and Geochemistry of Lower Cretaceous Alkali Basalts From the High Plateaus of Central Peru and Their Tectonic Significance. *Zb. Geol. Palaont. Teil 1*, (5/6): 1053-1064; Stuttgart.
- Soler, P. & Bonhomer, M.** (1990), Relation of Magmatic Activity to plate Dynamics in Central Peru From Late Cretaceous to Present. Geological Society of America Special Paper 241. pp 1-34
- Vidal, C. & Ligarda, R.** (2004) Depósitos de Enargita-Au en Marcapunta, Distrito Minero Colquijirca, Perú Central: Zonamiento Mineralógico y Geoquímica en depósitos de reemplazamiento en calizas sub. Volcánicas Tipo Epitermal de Alta Sulfuración. Sociedad Geológica del Perú, Volumen Jubilar N°. 6, Pp. 743-745.
- Yaringaño, Y., Máximo, S., Panes, W.** (1997) Exploración y evaluación de los yacimientos del distrito minero de Colquijirca. Sociedad Geológica del Perú, Volumen Jubilar N°. 9, Pp. 231-236.