

REPÚBLICA DEL PERÚ  
SECTOR ENERGÍA Y MINAS  
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO

---

**MEMORIA DESCRIPTIVA DE LA REVISIÓN Y  
ACTUALIZACIÓN DE LOS CUADRÁNGULOS DE  
CHULCA (30-q), CAYARANI (30-r), COTAHUASI  
(31-q) Y ORCOPAMPA (31-r)**

**Escala 1:100 000**

**Guido Salas A.  
Antenor Chávez V.  
Eddy Aguilar V.  
Erik Chávez B.**

**Por:**

**Aníbal Lajo S.  
José Díaz R.  
Antonio Umpire LI.  
Miguel Barreda**

**CONVENIO UNSA-INGEMMET**

---

 **INGEMMET**

Lima - Perú  
Junio 2003



## Contenido

Resumen .....	1
Introducción .....	1
Cordillera Occidental .....	1
Altiplano .....	1
Introducción .....	3
Generalidades .....	3
Alcances y Limitaciones .....	5
Geomorfología .....	7
Generalidades .....	7
Zonas Geomorfológicas de los Cuadrángulos de Orcopampa y Cotahuasi (Fig. N° 2) .....	7
Conos Volcánicos de la Cordillera del Barroso .....	7
Zona de Altiplano .....	9
Circos glaciares .....	9
Artesas glaciares .....	9
Morrenas .....	9
Cubeta de Andagua .....	9
Coladas de lava .....	10
Conos volcánicos .....	10
LLanuras aluviales y conos de deyección .....	10
Zona de Fuerte Disección: Cañón de Cotahuasi .....	10
Zonas Geomorfológicas de los Cuadrángulos de Chulca y Cayarani .....	11
Alta Cordillera .....	11
Valles Estrechos .....	11
Lomas y Valles Estrechos .....	11
Valles Amplios y Lomas .....	13
Estratigrafía .....	15
Generalidades .....	15
Unidades Estratigráficas .....	15
Formación Socosani .....	15
Grupo Yura .....	18
Formación Puente .....	18
Formación Cachíos .....	18

Formación Labra .....	19
Formación Gramadal .....	19
Formación Hualhuani .....	19
Formación Murco .....	20
Formación Arcurquina .....	21
Unidades Volcánicas .....	22
Grupo Tacaza .....	22
Formación Orcopampa .....	22
Formación Ichucollo .....	26
Grupo Sillapaca .....	26
Formación Alpbamba .....	28
Miembro Huarcaya (Alpbamba 1) .....	28
Miembro Toro (Alpbamba 2) .....	29
Formación Aniso .....	31
Formación Sencca .....	31
Grupo Barroso .....	33
Formación Barroso 1 (Formación Arma) .....	33
Formación Barroso 2 .....	33
Formación Barroso 3 .....	33
Estratovolcán Coropuna .....	34
Estratovolcán Solimana .....	35
Complejo Volcánico Firura .....	35
Estratovolcanes Huajrahuire, Hatun Huaychahui .....	35
Grupo Andagua .....	35
Formación Santo Tomás .....	36
Depósitos Clásticos Cuaternarios .....	36
Depósitos Morrénicos y Fluvioglaciares .....	36
Depósitos de Flujos de Lodo y Aluviales .....	37
Rocas Intrusivas .....	37
Complejo Cotahuasi .....	37
Complejo Salamanca .....	37
Complejo Chachas .....	38
Complejo Chillacancha .....	38
Unidades Subvolcánicas .....	38
Complejo Sarpane .....	39
Complejo Humachulco .....	39
Complejo Pampamarca .....	39
Complejo Chinchón .....	40
Complejo Challahuire .....	40
Complejo de Pichacani .....	41
Complejo Senjapalla .....	41
Geología Estructural .....	43
Generalidades .....	43
Geología Estructural de Orcopampa y Cotahuasi .....	43
Dislocaciones .....	45



Dislocaciones de Plegamiento .....	45
Sinclinal Chachas .....	45
Sinclinal y anticlinales Panahua .....	45
Anticlinal Palcuyo .....	45
Sistema de plegamientos Chapacoco .....	45
Dislocaciones de Ruptura .....	45
Fallas longitudinales .....	45
Fallas transversales .....	46
Cuadrángulos de Chulca y Cayarani .....	47
Pliegues .....	47
Fallas .....	47
Sistema de fallas NO-SE .....	47
Sistema de fallas NE-SO .....	47
Tectónica .....	47
Fase Peruana del Cretáceo superior .....	47
Fase Quechua 1 .....	47
Fase Quechua 2 .....	47
Fase Quechua 3 .....	47
Serie Pliocena-Pleistocena .....	50
Geología Económica .....	51
Generalidades .....	51
Mineralización Metálica .....	51
Yacimiento Minero de Orcopampa .....	51
Ubicación .....	51
Mineralización .....	51
Yacimiento Minero Shila .....	52
Ubicación .....	52
Mineralización .....	52
Yacimiento Minero Ares .....	52
Ubicación .....	52
Mineralización .....	52
Recursos Geotermales .....	53
Geología Histórica .....	55
Bibliografía .....	57
Anexo Fotográfico .....	59

## Resumen

La región estudiada, alcanza una extensión aproximada de 6 000 km<sup>2</sup>, comprende los cuadrángulos de Orcopampa y Cotahuasi y se encuentra dentro de los parámetros geográficos siguientes: 72° 00' - 73° 00' de longitud oeste y 15° 00' - 15° 30' de latitud sur. Geomorfológicamente, se trata de una superficie modelada casi exclusivamente por procesos volcánicos y glaciares y se extiende mayormente al este del Arco Volcánico del Barroso, entre los 2 300 y 5 500 msnm.

Su estructura geológica, está definida básicamente por una secuencia plegada de facies sedimentarias de edad mesozoica, y un grueso manto compacto de facies volcánicas emplazadas desde el Paleógeno medio al Cuaternario reciente. Las facies sedimentarias afloran en menor extensión, la base consta de areniscas y cuarcitas correspondientes a las formaciones Labra y Hualhuani del Grupo Yura, sobreyacen en forma concordante las facies molásicas rojizas de la Formación Murco y las calizas gris azuladas de la Formación Arcurquina. La secuencia volcánica alcanza mayor extensión, su base está definida por grandes volúmenes de aglomerados, piroclastos y lavas andesíticas y dacíticas correspondientes al Grupo Tacaza, por lo general, estas facies, se encuentran fuertemente hidrotermalizadas e intruidas por cuerpos subvolcánicos cuya naturaleza varía desde brechas como las más antiguas hasta dacitas cristalinas y andesitas como las más jóvenes. Rellenando un paleorelieve relativamente accidentado y labrado mayormente a expensas del Grupo Tacaza, se encuentra una gruesa secuencia horizontal a subhorizontal de tobas, ignimbritas y facies sedimentarias de piroclastos reabajados correspondientes a la Formación Alpbamba. Posterior a esta secuencia se inicia el volcanismo Barroso, sus fases iniciales están constituidas por lavas andesíticas de regular fluidez que forman generalmente mesetas lávicas principalmente en la región del Altiplano. Después de este proceso el volcanismo migra hacia la parte occidental sobre una plataforma piroclástica aparentemente equivalente a la Formación Sencca, la cual fue acompañada por el emplazamiento de domos lava de naturaleza riolítica, sobre esta plataforma piroclástica se construyen finalmente los aparatos volcánicos Coropuna, Solimana y Firura. El análisis geoquímico de las facies que conforman estos volcanes precisa que la naturaleza del proceso magmático de estos aparatos se desarrolla hasta el presente en un proceso de acidez

creciente con el emplazamiento de lavas andesíticas de mayor fluidez en los procesos iniciales hasta lavas traquiandesíticas de mayor viscosidad en los procesos finales (volcanismo Andagua).

Tectónicamente, las facies sedimentarias se encuentran fuertemente deformadas por la fase peruana de la tectogénesis andina, las dislocaciones están constituidas por pliegues y fallas que siguen la orientación andina, en cambio las facies volcánicas, principalmente las del Grupo Tacaza, se encuentran levemente deformadas por la fase Quechua y sus dislocaciones están constituidas por plegamientos de amplio radio y fallamientos normales que siguen una dirección antiandina. Pequeños fallamientos normales que desplazan las vetas mineralizadas parecen indicar la presencia de una fase tectónica en el Plioceno

Desde el punto de vista económico, la región cuenta con cuatro yacimientos metálicos en explotación y varios prospectos explorados. La mineralización metálica es principalmente filoniana, se encuentra como relleno de fracturas antiandinas preexistentes en las rocas del Grupo Tacaza y con la asociación de Au- Ag- Pb- Zn y Sb. Esta mineralización se ha efectuado en una secuencia que va desde los 18 Ma para la mina Orcopampa, 9 Ma para la mina Shila, 5 Ma, para la mina Arcata. El fenómeno responsable de esta mineralización está relacionado principalmente con cuerpos subvolcánicos de composición dacítica, ocasionalmente parecen encontrarse cuerpos de granodiorita y tonalita.

# Introducción

## Generalidades

El presente texto, reporta la geología de los cuadrángulos de Orcopampa, Cotahuasi, Chulca y Cayarani. Constituye el informe definitivo presentado por la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa (UNSA), en cumplimiento a los requerimientos establecidos en el contrato N° 064-2001, suscrito con el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico del Perú (INGEMMET), para llevar a efecto la revisión de los mapas geológicos de las hojas de Chulca (30-q), Cayarani (30-r), Cotahuasi (31-q) y Orcopampa (31-r). Se encuentran abarcando parte de las provincias de Castilla, Condesuyos, La Unión y Caylloma, del departamento y región de Arequipa (Fig. N° 1), dentro de las coordenadas siguientes: 72° 00' - 73° 00' longitud oeste y 14° 30' - 15° 30' latitud sur.

Al cuadrángulo de Orcopampa se accede por la carretera afirmada que parte de la ciudad de Arequipa y recorre los distritos de Yura, Callali y Caylloma y los asentamientos mineros de Caylloma, Ares y Orcopampa y por la carretera afirmada que parte de la ciudad de Arequipa y recorre los distritos de La Joya, Corire, Aplao, Pampacolca, Viraco, Andagua, Chilcaymarca y Orcopampa.

El acceso al cuadrángulo de Cotahuasi es por la vía que une la ciudad de Arequipa con las ciudades de Cotahuasi, Aplao y Chuquibamba.

Se accede a los cuadrángulos de Chulca y Cayarani desde la ciudad de Arequipa por la carretera Arequipa-Sibayo-Caylloma-Arcata. Otro acceso es por Arequipa-Aplao-Viraco-Andagua- Orcopampa-Arcata. Ambas están en buenas condiciones de transitabilidad, el tiempo empleado de Arequipa hacia Arcata es de unas 8 horas.

De la mina Arcata existen una serie de trochas carrozables que permiten acceder a diferentes localidades de ambos cuadrángulos, como la trocha que va de Arcata hacia el cuadrángulo de Chulca, pasando por el río Ocoruro (Cusipampa) dirigiéndose a las lagunas de Huanzo (Culipampa) y Huacullo; de Culipampa sale una trocha hacia el caserío de Huarcaya de ahí continúa hacia la mina Tumire en el cuadrángulo de Pacapausa, esta trocha atraviesa la parte central del cuadrángulo de Chulca.



Para acceder al sector norte del cuadrángulo de Cayarani se utiliza la carretera que conduce de Yauri a Santo Tomás y de aquí sale una trocha hacia el sur de este cuadrángulo hasta llegar a la zona de Huarajo.

Se han utilizado fotografías aéreas a escala aproximada 1: 50 000, tomadas por la Misión Hycon en julio de 1955, cuatro imágenes Landsat a escala 1: 100 000 y hojas topográficas a escala 1:100 000, preparadas por el IGN y por el INGEMMET. La información geológica ha sido cartografiada sobre la hoja topográfica.

CALDAS, J., (1993) realizó el estudio de la geología de los cuadrángulos de Huambo y Orcopampa, OLCHAUSKI, O., (1994) estudió la geología de los cuadrángulos de Chuquibamba y Cotahuasi. Además de estas publicaciones, no existen otros trabajos de magnitud, la mayor parte de la información está referida a trabajos locales relacionados con tesis y

labores mineras efectuadas por compañías asentadas en la zona: Orcopampa, Shila, Ares y Arcata.

## **Alcances y Limitaciones**

El trabajo reporta una cartografía de detalle, en este sentido se han hecho subdivisiones en algunas formaciones y se han identificado diferentes unidades efusivas relacionadas principalmente con estructuras volcánicas correspondientes al Grupo Barroso.

Las limitaciones del presente trabajo, están referidas principalmente a la carencia de información relacionada con edades radiométricas que permitan precisar la ubicación de los estratos en el tiempo geológico. El análisis estratigráfico sólo se basa en la posición espacial y temporal de las diferentes unidades.



# Geomorfología

## Generalidades

La superficie cubierta por los cuadrángulos de Orcopampa, Cotahuasi, Chulca y Cayarani se encuentra mayormente al este de la Cordillera Volcánica del Barroso, formando parte del elemento morfológico del Altiplano. Su área de influencia, se desarrolla entre los 2 300 y 5 500 msnm y corresponde a una superficie modelada mayormente por procesos volcánicos y glaciares.

El ambiente dominante de los cuadrángulos de Orcopampa y Cotahuasi, está constituido por cuatro zonas geomorfológicas bien definidas: a) zona de conos volcánicos correspondientes a la Cordillera del Barroso, b) zona ligeramente ondulada de Altiplano, c) depresión tectónica, descrita en el presente estudio como la "Cubeta de Andagua", y d) zona de fuerte disección, correspondiente al Cañón del río Cotahuasi.

## Zonas Geomorfológicas de los Cuadrángulos de Orcopampa y Cotahuasi (Fig. N° 2)

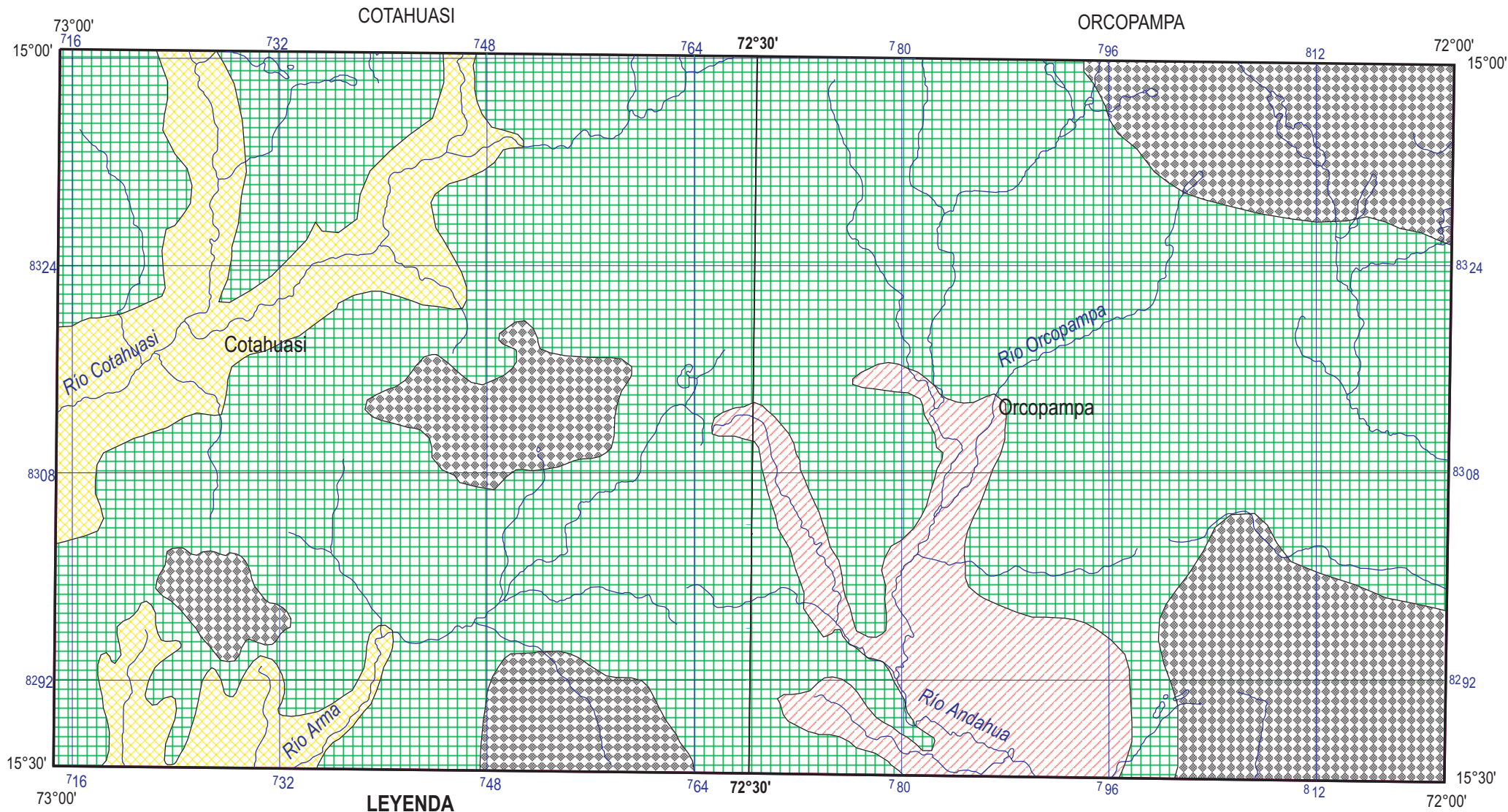
### Conos Volcánicos de la Cordillera del Barroso

Esta unidad geomorfológica limita la parte sur de los cuadrángulos de Orcopampa y Cotahuasi, está constituida por un alineamiento NO-SE de los aparatos volcánicos Coropuna, Solimana y Firura. A excepción de este último, los otros son verdaderos estratovolcanes cuyos puntos más altos alcanzan los 6 100 msnm.

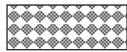
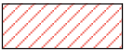


La morfogénesis de este elemento, está relacionada con una actividad volcánica relativamente joven (2 millones de años aproximadamente), la cual se prolonga hasta el presente, con débiles pulsaciones lávicas de naturaleza cada vez más ácida (traquiandesitas).

Las geoformas menores que acompañan a estas colosales morfoestructuras, están constituidas principalmente por morrenas laterales y terminales que se presentan en las partes más altas, así como, materiales fluvio-glaciares acumulados principalmente en las laderas más inferiores y al pie de éstos. Las mejores exposiciones de estos materiales, se presentan en el flanco noroeste del volcán Solimana y en la parte noreste del volcán Coropuna.





**LEYENDA**

- |   |                         |   |                                   |
|---|-------------------------|---|-----------------------------------|
|  | Zona de alta cordillera |  | Zona de la cubeta de Andahua      |
|  | Zona de altiplanicie    |  | Zona de fuerte disección y valles |

Escala 1: 430 000

**Fig. N° 2 Unidades Geomorfológicas**

## Zona de Altiplano

Esta unidad geomorfológica, se extiende por la mitad superior de los cuadrángulos de Orcopampa y Cotahuasi. Se caracteriza por mostrar un relieve casi plano o ligeramente ondulado, está constituida por derrames lávicos que conforman significativas mesetas y superficies de erosión residual correspondientes a relictos de la superficie Puna.

Una característica importante, es que el relieve de esta zona, responde a una superficie fuertemente afectada por glaciares pleistocénicos. Particularmente un tipo de glaciar intermedio: glaciar de meseta o calotas glaciarias, habría actuado sobre el relieve volcánico preexistente, ello queda justificado en razón a que sus huellas más significativas como estrías, depósitos de acumulación (morrenas) y el emplazamiento de las artesas, indican un desplazamiento radial de las masas de hielo que cubrieron las áreas más o menos elevadas. Las masas de hielo que habrían alcanzado su mayor desarrollo en el Pleistoceno, se hacen presentes aun de vez en cuando en tiempos recientes mostrando una avanzada debilidad. Entre los mayores rasgos glaciarios presentes en la zona, se describen los siguientes:

### Circos glaciares

Se distinguen circos pequeños en forma de nichos arropados en los flancos de los valles, circos colgantes y circos simples, estos últimos son los más comunes y de mayor magnitud, se presentan como depresiones caliciformes preferentemente en las cabeceras de las artesas glaciarias. Se caracterizan por estar rodeados de paredones altos y empinados (cabeceras de 100 a 150 m de altura) los cuales mayormente se hallan altamente fracturados, de tal manera que los materiales gelivados se acumulan como taludes de derrubios en una cuenca plana o débilmente ondulada, frecuentemente sin umbral y por lo general es albergue de bofedales e insignificantes lagunas. Son ejemplos significativos, el circo simple de la parte superior de la quebrada Tranquilla, los circos colgantes de la parte superior de las lagunas de Arcata y Huisca, entre otros lugares.

## Artesas glaciares

Los rasgos más distintivos de esta superficie glaciada, son los valles en U que se presentan como depresiones longitudinales poco profundas y más o menos anchas, entalladas mayormente en las partes más altas de la zona. La mayoría de estas geoformas empiezan en la parte inferior de los circos simples (cabecera de la artesa) y desembocan en superficies planas de aluvión fluvio-glaciario. Sus perfiles longitudinales presentan en la parte superior cierto número de escaleras, las que gradualmente van desapareciendo hacia el extremo inferior, observándose por tanto, un fondo casi plano, las escaleras son de dimensiones variables y casi siempre sin mamperlán, presentan una huella relativamente plana cóncava con una contrahuella que, en el mayor de los casos, alcanzan los cuatro metros de altura. El perfil transversal es la clásica forma de U, más o menos ancho y geoméricamente simétrico.

### Morrenas

Estos apilamientos detríticos adoptan definidos caracteres morfológicos, de acuerdo a la posición en que se encuentran ha sido posible identificar morrenas laterales, terminales y basales. Las primeras son las de mayor predominio y las mejor expuestas, representan formas alargadas y se disponen generalmente en pares, este aspecto es más expresivo en valles que se extienden por tramos cortos como por ejemplo los que descienden de las partes más altas y por el contrario, no son frecuentes en los grandes valles. La difusión de las dos últimas clases (terminales y basales) es restringida y poco significativas en cuanto a su tamaño, se presentan con formas no definidas mayormente en las partes bajas (desembocaduras) como testimonio de una prolongada detención o retiro del glaciar; se cita como ejemplo las morrenas terminales de la laguna Machucocha, las morrenas laterales y terminales del flanco norte de los volcanes Coropuna y Solimana.

## Cubeta de Andagua

La cubeta de Andagua, está definida por una depresión elongada con dirección N 30° O. Se trata de una depresión labrada en las rocas del Grupo Tacaza y facies sedimentarias principalmente del

Grupo Yura y rellenada en casi toda su extensión por facies volcánicas recientes (Grupo Andagua).

Morfogenéticamente, CALDAS J., (1993) la describe como una depresión de origen tectónico, resultante de una distensión regional ocurrida durante el Cuaternario reciente. Este fenómeno habría provocado un fallamiento de tipo normal con la consecuente separación de bloques, limitados por fallas preexistentes que condujeron a un activo volcanismo a lo largo de la depresión.

Dentro de la cubeta, se desarrollan una serie de geoformas menores esencialmente relacionadas con un proceso volcánico muy joven (volcanismo Andagua), entre las principales geoformas se describen las siguientes:

#### **Coladas de lava**

Las eyecciones lávicas se encuentran cubriendo mayormente la depresión de la cubeta de Andagua, particularmente se trata de lavas cordadas (Pahoe-hoe) que se han emplazado en todas las direcciones siguiendo las líneas de máxima pendiente a manera de lenguas (coladas lávicas) de diferente morfología. Una característica importante de estas coladas, es su poco recorrido y por lo general presentan superficies escoriaáceas debido al escape violento de los gases. A pesar de que están afectadas por la erosión, estas superficies conservan aún su característico microrelieve rugoso.

#### **Conos volcánicos**

Formando parte de las coladas y a veces levantándose aisladamente en medio de las pampas, se encuentran pequeños conos volcánicos recientes que alcanzan altitudes comprendidas en la escala métrica, mayormente son de composición lávica y otros completamente piroclásticos. Estructuralmente son monogénicos y monoáxicos y se encuentran bien conservados, son de edad post-glacial y se asientan sobre depósitos glaciarios. La distribución de los pequeños conos volcánicos en relación con el ambiente estructural no es claramente definida, la razón está en que sus propios productos eyectados fosilizan las posibles fuentes que debieron controlar su emplazamiento. Dentro de toda la extensión de la cubeta, el número de volcanes llega a 35, sin embargo, HOEMPLER, A.,

(1962) informa haber reconocido más de 60 y según el mismo autor existen alrededor de 85 de estos aparatos distribuidos regionalmente.

#### **LLanuras aluviales y conos de deyección**

Dentro de esta depresión complementan también el paisaje pequeñas llanuras de inundación de los cursos fluviales (pampas) y conos de deyección reciente.

Los conos de deyección son las geoformas menos prominentes que en el tiempo actual se vienen construyendo, su morfogénesis responde a la acción de las corrientes temporales de montaña. Estas acumulaciones clásticas se encuentran en las desembocaduras de pequeñas quebradas que descienden desde las partes altas hacia las partes bajas más o menos planas o hacia cursos fluviales mayores. Son generalmente pequeños (del orden de los metros) y simples lo que indica su marcado estado de juventud; pocas veces se unen para formar pequeñas bajadas como por ejemplo los conos compuestos del aeropuerto de Orcopampa, el cual se encuentra afectado por pequeños y contados "uadis" o "cañadones secos".

La llanura aluvial de mayor dimensión está constituida por el fondo del valle del río Orcopampa. Un rasgo especial que se observa en el perfil transversal de esta llanura, es la presencia de terrazas aluviales en su margen izquierda y con rellanos terraciformes más o menos planos, de suave declive hacia el cause del río y con frentes de escasos metros de altura. La presencia de esta particularidad, plantea un problema complejo en la interpretación de la evolución geomorfológica del valle del río Orcopampa y tributarios.

#### **Zona de Fuerte Disección: Cañón de Cotahuasi**

Morfológicamente, esta zona se caracteriza por presentar un relieve muy accidentado, normalmente de grandes desniveles altimétricos. Los elementos más prominentes y de mayor dominio en el paisaje, están definidos por una serie de elevaciones localmente conocidas como cuchillas. Estas geoformas que por lo general se disponen sin ninguna orientación preferencial, responden genéticamente a formas de erosión residuales; es decir,

corresponden a los restos de una superficie tallada por la erosión a expensas de las rocas del Grupo Tacaza, en este caso su relieve se caracteriza también por estar sumamente disectado por un drenaje dendriforme bastante denso y es causa de la presencia de cerros empinados cuyas pendientes de alto ángulo le dan al paisaje un aspecto sumamente agreste.

## **Zonas Geomorfológicas de los Cuadrángulos de Chulca y Cayarani**

La zona de estudio se sitúa sobre las partes más elevadas de una de las grandes unidades geomorfológicas de los Andes como es la Cordillera Occidental, esta zona abarca también parte de los flancos de la cordillera, se pueden distinguir las siguientes unidades geomorfológicas locales (Fig. N° 3)

### **Alta Cordillera**

En el cuadrángulo de Chulca, lo constituye la cresta de la Cordillera Occidental, es una zona de relieve áspero, son frecuentes las geoformas de circos glaciares asociados a farallones y aristas agudas, de esta zona nacen los principales ríos que drenan el área. También existen sobre estas crestas, zonas glaciares muy restringidos a las partes más altas (más de 5 000 m), los cuales están en franco retroceso pues se observa muy cerca de ellos cordones de morrenas de retroceso. En esta zona abundan también los bofedales que son lugares con humedad permanente los cuales son aprovechados para el pastoreo de auquénidos.

En el cuadrángulo de Cayarani, esta zona corresponde a la Cordillera Occidental de los Andes, tiene una orientación NO-SE. Las partes más elevadas se hallan conformando los nevados Huajrahuire, cerro Pabellón, cerro Acojahua, cerro Yana Yana y cerro Huayunca, cuyas alturas fluctúan entre los 4 800 y 5 400 m de altura, frecuentemente se hallan cubiertos por glaciares, las rocas que afloran en esta cordillera son lavas del Grupo Barroso. Algunos de estos nevados muestran signos de retroceso glaciar y evidencias de anteriores glaciaciones, también se pueden observar valles en "U," morrenas y circos.

### **Valles Estrechos**

En el cuadrángulo de Chulca, esta unidad tiene altitudes entre los 4 400 y los 4 800 m, se distingue por sus valles estrechos de paredes muy verticales que dan el aspecto de cañones, se encuentran hacia el sur de la Subunidad Alta Cordillera.

En el fondo de estos valles se encuentran algunas terrazas formadas por la erosión de los ríos, en algunos valles como el de Huarcaya se pueden distinguir hasta tres unidades de terrazas. Los relieves de las cumbres son suaves y a veces se encuentran planicies colgadas formadas por el Grupo Barroso, como la pampa de Ajopampa, situada en la parte central este del cuadrángulo. Debido a que los terrenos son volcánicos y mayormente tobáceos son frecuentes las acumulaciones de material fino como conos de escombros en las laderas de los valles.

En el cuadrángulo de Cayarani, esta Unidad abarca el lado suroeste del área de estudio, se caracteriza por su relieve accidentado, es aquí donde nace el río Cotahuasi teniendo como afluentes principales a los ríos Condorillo, Pacchihuayjo, Huarajayoc; todos estos ríos tienen origen glaciar, nacen en las estribaciones del flanco oeste de la Cordillera Occidental.

Como consecuencia de la actividad erosiva de los ríos en sus nacientes, presenta sección en "U" la cual cambia progresivamente aguas abajo a una sección transversal en "V", por lo general atraviesa rocas volcánicas de la Formación Alpbamba.

### **Lomas y Valles Estrechos**

En el cuadrángulo de Chulca esta subunidad se encuentra situada en el flanco norte de la alta cordillera, con altitudes que varían desde los 4 000 hasta los 4 600 msnm, es una zona compuesta por cerros con relieve suave a manera de lomas debido a la poca dureza de las rocas volcánicas, principalmente tobas. Esta zona está disectada por 4 valles que corren hacia el norte, los valles son encañonados y muy profundos (paredes de 400 a 600 m de alto), sus flancos son muy empinados y a veces con farallones, en el fondo de estos valles se encuentran terrazas hasta de tres niveles a más, cuentan con cursos de agua permanente que pro-

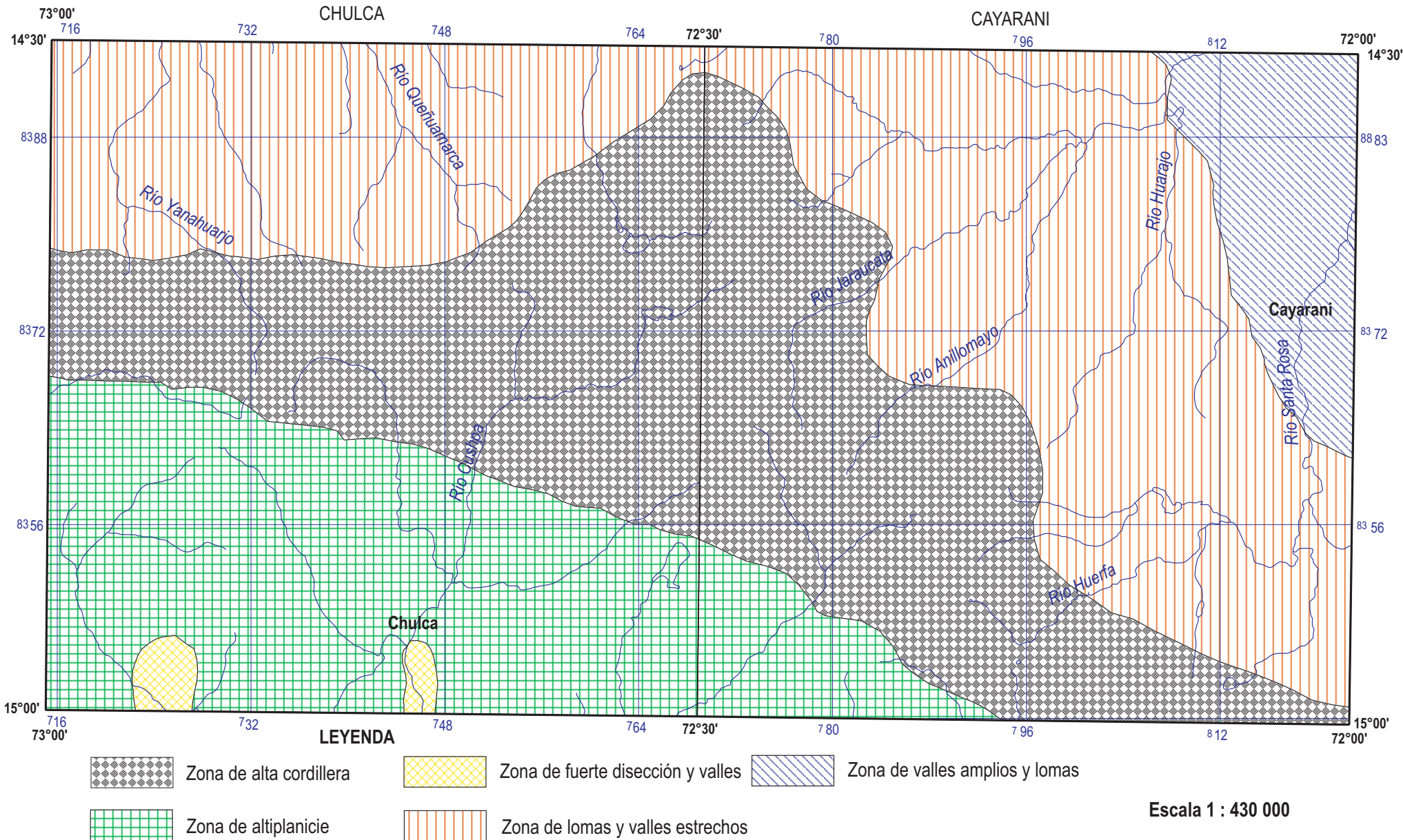


Fig. N° 3 Unidades Geomorfológicas

vienen de los deshielos de los nevados de la alta cordillera.

En el cuadrángulo de Cayarani esta subunidad comprende las estribaciones orientales de la Cordillera Occidental, se encuentra inmediatamente a continuación de la zona de alta cordillera, sus alturas varían entre los 4 200 y 4 800, sus principales valles están formados por los ríos Ranrapata , Yavina, Jaraucata, Cuatro Esquinas, Huancarama, estos discurren con dirección noreste, formando valles estrechos como los de los ríos Huarajo, Tocuta, Collpa y Santo Tomás. A pesar de su relieve accidentado, en la parte sureste llega a formar pequeñas lomas irregulares como las de Huilcho, Puca Puca, Poncho, Umachaccha, Tesque, Yanamojo, formadas en las secuencias Volcánicas del Barroso inferior , así también en la parte central superior, límite con el cuadrángulo de Santo Tomás aparecen lomas como las de Acuyauca y Pampa de Pacopampa, construidas en las lavas del Barroso Inferior.

### **Valles Amplios y Lomas**

Esta subunidad geomorfológica se encuentra ubicada en el extremo noreste del cuadrángulo de Cayarani, el valle más importante lo constituye el del río Cayarani, que en su trayecto forma mesetas aluviales con inclinación hacia el norte, en su primer tramo este valle presenta una dirección preferencial de sur a norte para luego incursionar al cuadrángulo de Velille con una dirección noreste. Hacia el norte de esta subunidad geomorfológica se encuentran promontorios continuos que desarrollan superficies suavemente onduladas con altitudes entre los 4 000 y 4 200 m, son laderas con pendientes suaves y litología granítica que por meteorización han desarrollado suelos aprovechables para la agricultura.



# Estratigrafía

## Generalidades

La cronología de los eventos que han dado lugar a la secuencia estratigráfica observable en los cuadrángulos de Orcopampa y Cotahuasi (Fig. N° 4), data desde el Jurásico superior al Cuaternario reciente. De manera general, es posible distinguir una secuencia de facies sedimentaria plegada y una secuencia de facies volcánica levemente deformada e intruida por facies subvolcánicas de naturaleza cada vez más ácida y en algunos casos facies plutónica.

En el área de estudio que comprende los cuadrángulos de Chulca y Cayarani afloran rocas de edad mesozoica y cenozoica (Fig. N° 5).

El Mesozoico está representado por la Formación Socosani (Jurásico inferior), Grupo Yura, (Jurásico medio y superior), formaciones Murco (Cretáceo inferior) y Arcurquina (Cretáceo superior).

El Cenozoico está constituido por rocas volcánicas, comienza con el Grupo Tacaza, las formaciones Alpabamba, Aniso y termina con el Grupo Barroso. También se presentan intrusiones de rocas plutónicas y subvolcánicas como pórfidos andesíticos.

## Unidades Estratigráficas

Las facies sedimentarias se encuentran expuestas al sur del cuadrángulo de Orcopampa y en la parte central oeste del cuadrángulo de Cotahuasi. Están constituidas por la Formación Socosani, el Grupo Yura, las formaciones Murco y Arcurquina y subyacen a los volcánicos paleógenos en marcada discordancia angular.

### Formación Socosani

JENKS W., (1948), BENAVIDES V., (1962), VARGAS L., (1970). Un pequeño afloramiento de calizas ubicado en la parte este de la localidad de Chachas, pareciera confirmar la presencia de la Formación Socosani al sur del cuadrángulo de Orcopampa.



Era	Sistema	Serie	Unidad Estratigráfica	Litología	Descripción	
CENOZOICA	CUATERNARIO	Holocena	Gpo. Andahua		Conos de cenizas y escorias, lavas traquiandesíticas vesiculares gris oscuros a negras.	
			Disc. Eros			
			Dep. Aluviales		Gravas, arenas y limos cubiertos por vegetación	
		Pleistocena	Dep. Fluvioglaciares		Gravas en matriz arenosa	
			Disc. Eros			
			Dep. Morrénicos		Fragmentos volcánicos en matriz limo arcillosa.	
	NEÓGENO	Pliocena	Gpo. Barroso		Lavas andesíticas, gris-oscuros afaníticas	
			Disc. Eros			
			Fm. Sencca / Fm. Arma	150	Toba gris clara ligeramente rosada, dacítica poco compacta	Piroclastos dacíticos estratificados, tobas e ignimbritas dacíticas grises a marrones.
		Miocena	Gpo. Tacaza	Grupo Sillapaca		Aglomerados volcánicos color gris verdosas, maciza
				Disc. Ang.		
				Miembro Alpacabamba 2	200	Tobas retrabajadas, arenas tobaceas y cineritas estratificadas
	Fm. Alpabamba		Miembro Alpacabamba 1	800	Toba dacíticas brechoides	Tobas brechoides gris claro a verde
			Disc. Eros			
			Fm. Ichucollo	200	Aglomerados y lavas andesíticas grises a verdes	
	CRETÁCEO	Superior	Fm. Arcurquina	Miembro Aycaje	500	Andesitas grises porfiríticas
				Miembro Manto	800	Tobas e ignimbritas gris claras a gris amarillas
				Miembro Sta. Rosa	1000	Aglomerados, brechas de flujo y lavas gris oscuras, gris claras, gris verdosas, gris violaceas y gris amarillentas.
Inferior		Fm. Murco	Disc. Ang.			
				500	Calizas grises fosilíferas con nódulos de chert y venillas de yeso.	
				500	Areniscas y lutitas rojo purpuras, con capas de yeso e intercaladas con limolitas.	
JURÁSICO	Superior	Gpo. Yura	Fm. Hualhuani	400	Cuarcitas, cuarzoarenitas y areniscas gris claro a blanco amarillentas.	
			Fm. Labra	400	Intercalaciones de areniscas grises claras, limolitas y calizas gris claro amarillentas	
	Fm. Cachíos		200	Lutitas oscuras, limolitas y lutitas carbonosas.		
	Fm. Puente		250	Lutitas oscuras con areniscas grises		

Fig. N° 4 Columna Geológica Generalizada de los Cuadrángulos de Orcopampa y Cotahuasi

Era	Sistema	Serie	Unidad Estratigráfica	Litología	Descripción		
CENOZOICA	CUATERNARIO	Holocena	Cuaternario aluvial		Grabas y Arenas		
		PLEISTOCENA	Morrenas		Bloques , gravas y arcillas		
			Formación Santo Tomás		Lavas Andesíticas Balsáticas		
			~~~~~ Disconformidad ~~~~~ Estrato Volcán ~~~~~ Disconformidad ~~~~~		Lavas Andesíticas		
		PLIOCENA	GRUPO BARROSO	Formación Barroso 3		Andesitas plumizas a Olivinos	
	Formación Barroso 2				Andesitas		
	Formación Barroso 1				Tobas Blancas		
	~~~~~ Disconformidad ~~~~~				Tobas retrabajadas, volcarenitas		
	NEÓGENO	MIOCENA	Formación Alpabamba	Alpabamba 2		Tobas dácticas	
				Alpabamba 1		Tobas retrabajadas, volcarenitas, tobas	
			~~~~~ Disc. Angular ~~~~~		Lavas Andesíticas, aglomerados		
			GRUPO TACAZA	Formación Orcopampa		Tobas retrabajadas, volcarenitas, conglomerados	
				~~~~~ Disc. Angular ~~~~~		Calizas grises micríticas	
			MESOZOICO	CRETÁCEO	Superior	Cenoniano Albino	
	Inferior	Aptiano Neocenoico			Formación Murco		Lutitas rojas, conglomerados, areniscas
Neocenoico		Formación Hualhuani				Cuarciarenitas limpias subredondeado de grano medio	
JURÁSICO	GRUPO YURA	Titoniano		Formación Gramadal		Lentes de calizas y lutitas negras	
		Superior		Kimeriogiánica	Formación Labra		Cuarciarenitas grises con estratificación sesgada, algunas capas de lutitas
		Formación Cachíos			Lutitas negras algunas delgadas capas de areniscas finas		
		Medio		Caloviano Bathoniano	Formación Puente		Alternancia de areniscas y lutitas negras
		Bajociano		Formación Socosani		Lutitas negras y calizas	

Fig. N° 5 Columna Estratigráfica Generalizada de los Cuadrángulos de Chulca y Cayarani

Litológicamente el pequeño afloramiento está constituido por calizas de color gris oscuro intercaladas con algunas capas delgadas de lutitas negras con nódulos calcáreos y areniscas de color gris claro.

Sus relaciones de posición no están bien definidas. Particularmente el contacto inferior no es observable, en tanto que el contacto superior es concordante con las areniscas de la Formación Puente y discordante con la facies volcánica del Miembro Santa Rosa (Grupo Tacaza).

Aflora también en el extremo norte del cuadrángulo de Chulca, en el río Seguiña, se trata de una sucesión de lutitas negras laminares en las que se intercalan capas de calizas negras y algunas areniscas finas grises, se presentan también paquetes de lutitas negras carbonosas con nódulos y fósiles.

La Formación Socosani ha sido asignada al Jurásico inferior por JENKS, W., (1948), BENAVIDES, V., (1962), VARGAS, L., (1970), VICENTE, J.C. et al., (1982), determinándose los pisos Toarciano-Bajociano, la cual se considera para el área de estudio.

### **Grupo Yura**

Esta unidad estratigráfica ha sido estudiada por diferentes autores especialmente en el cuadrángulo de Arequipa, JENKS W., (1948), BENAVIDES V., (1962), VARGAS L., (1970) y posteriormente VICENTE J. C. et al., (1982) realiza un estudio regional de las unidades Jurásico-Cretáceas en el sur del Perú, el cual ha permitido avanzar en la nomenclatura y datación de estas unidades, utilizadas en el presente informe.

En el cuadrángulo de Orcopampa, las rocas del Grupo Yura se encuentran principalmente en los alrededores de las localidades de Andagua, Chachas, Chapacoco y Chilcaymarca, también se encuentran en la quebrada Allhuire, al este del volcán Anchajollo y mina Santa Rosa, entre otros. En el cuadrángulo de Cotahuasi, se encuentran mayormente al sur y suroeste de la ciudad de Cotahuasi entre las localidades de Cachana, el Toro y la catarata de Sipia, un afloramiento pequeño se encuentra también en la parte superior del río Pampamarca cerca del límite norte con el cuadrángulo de Chulca.

Los afloramientos referidos, forman escarpas prominentes en el terreno y son fácilmente diferenciables por su topografía agreste. Por lo general, la mayor parte de los afloramientos se presentan en forma incompleta y tectónicamente están muy afectados, por esta razón, es difícil precisar en algunos casos, sus grosores y sus relaciones de posición.

Otros afloramientos de este grupo se sitúan en el extremo noroeste del cuadrángulo de Chulca entre la quebrada Sillajasa y el cerro Huashua, pequeños en extensión y constituyen el extremo sur de amplios afloramientos en el cuadrángulo de Antabamba.

### **Formación Puente**

La Formación Puente, en el cuadrángulo de Orcopampa, se encuentra al oeste de la localidad de Chachas constituyendo la base de la secuencia del afloramiento, sus relaciones de sobreposición no son observables, infrayace concordante con la Formación Cachios.

La litología está definida por areniscas cuarcíticas gris verdosas en superficie fresca, por meteorización presentan una coloración marrón claro a pardusco, por lo general son de grano muy fino y se disponen en estratos delgados (ocasionalmente gruesos), los cuales se intercalan con finas capas de lutitas gris oscuras y verdosas. El grosor del afloramiento en el cerro Jollevirca (oeste de la localidad de Chachas) se estima en 250 m.

En el cuadrángulo de Chulca aflora entre la quebrada Sillajasa, río Yanahurajo y cerro Aycho. Se encuentra suprayaciendo a la Formación Socosani, presentándose plegada en una serie de anticlinales y sinclinales algo apretados. Se trata de una sucesión rítmica de areniscas verdosas y grises de grano fino a medio con intercalaciones de lutitas negras y grises laminares, esta unidad ha sido asignada a la serie del Jurásico medio (Caloviano medio).

### **Formación Cachios**

Al igual que en el caso anterior, la Formación Cachios, se encuentra también únicamente en el afloramiento antes descrito, sobreyace e infrayace concordantemente a las formaciones Puente y La-

bra respectivamente, su grosor es delgado alcanzando un valor promedio de 200 m.

Litológicamente escapa en cierta medida del patrón litológico típico, está constituida por lutitas con algunas intercalaciones de areniscas un tanto cuarcíticas. Las lutitas son carbonosas, presentan una coloración que varía desde un matiz gris verdoso hasta negro, tienen buena fisilidad y se acomodan intercalando a los bancos areno-cuarcíticos con mantos delgados, mostrando esquistocidad, pequeñas venas de calcita, grado medio de destrucción y disminución marcada en forma gradual hacia los niveles superiores.

En el cuadrángulo de Chulca se presenta en la margen derecha del río Seguiña, en el cerro Cuatro. Esta unidad tiene un grosor aproximado de 300 m, está compuesta por una sucesión de lutitas negras y grises en las que se intercalan delgadas capas de areniscas grises de grano fino a medio. Esta Formación ha sido asignada a la serie del Jurásico medio a superior (Caloviano – Oxfordiano).

#### **Formación Labra**

En el cuadrángulo Orcopampa, la Formación Labra, se expone tanto en el afloramiento antes señalado (oeste de Chachas), como en los alrededores de la localidad de Chapacoco y proximidades de Chilcaymarca. En el afloramiento ubicado al oeste de Chachas, se encuentra en la parte superior de la secuencia, dentro de esta condición su contacto inferior es concordante con la Formación Cachios y su contacto superior no es observable. En la localidad de Chapacoco constituye la base del afloramiento, dentro de esta condición su contacto inferior no es observable, su contacto superior es concordante con la Formación Hualhuani. En el cuadrángulo de Cotahuasi, la Formación Labra, es observable en los alrededores de la catarata de Sipia ubicada al suroeste de la ciudad de Cotahuasi (Foto N° 1), en esta parte se encuentra en el fondo del valle (cañón del río Cotahuasi), donde su contacto inferior no es posible observarse, en cambio su contacto superior es concordante con la Formación Hualhuani.

El grosor aproximado del afloramiento se estima en unos 400 m y su litología está definida por areniscas gris claras a ligeramente rosáceas en

superficie fresca. Por meteorización presenta coloraciones amarillento-rojizas, son de grano fino a medio y se disponen en estratos delgados a medianos, ocasionalmente gruesos, intercalados con delgadas capas de lutitas gris oscuras, en algunos casos abigarrada y ocasionalmente margas y calizas marrones a pardas.

En el cuadrángulo de Chulca aflora en una franja en la falda oeste del cerro Huashua, está constituida por aproximadamente 700 m de una sucesión de areniscas grises a blancas, de grano fino a medio. La estructura interna de los estratos es la laminación plano paralela y la estratificación es sesgada, los estratos se disponen en secuencias estratocrecientes hacia arriba, se presentan también, intercalaciones de delgadas capas de lutitas negras y grises. La unidad ha sido asignada a la serie del Jurásico superior (Kimmeridgiano – Titoniano).

#### **Formación Gramadal**

En el cuadrángulo de Chulca, se presenta en una angosta franja que cruza cerca de la cumbre del cerro Huashua con dirección noroeste-sureste, con grosor inferior al centenar de metros, está compuesta por lutitas negras y grises, que se intercalan con capas de calizas grises en estratos lenticulares. La edad asignada corresponde a la serie del Jurásico superior (Titoniano)

#### **Formación Hualhuani**

La Formación Hualhuani, se presenta tanto en el cuadrángulo de Orcopampa como en el cuadrángulo de Cotahuasi. En Orcopampa, se encuentra en la localidad de Chapacoco constituyendo la parte superior del afloramiento, su contacto inferior es concordante con la Formación Labra y su contacto superior es discordante con el Grupo Tacaza. En el cuadrángulo de Cotahuasi, se encuentra en las localidades de Cachana, ubicada al sureste de la ciudad de Cotahuasi y Toro, también en los alrededores de la catarata de Sipia (Foto N° 1).

La litología de esta formación es un tanto monótona en todos los afloramientos antes citados. Está constituida básicamente por cuarcitas que presentan coloraciones que varían de gris claro (blanquecino) a gris pardusco en fractura fresca y tintes amarillentos a rosado pardusco en superficie

meteorizada. Ocurren en bancos de 0,60 m a 0,80 m de grosor y ofrecen un grado de compactación y cohesión considerable. Una muestra de mano, revela una textura constituida por granos de cuarzo, subredondeados y a veces facetados, de tamaño fino a medio y englobados en escasa matriz algo arcillosa.

La mayoría de los afloramientos tanto en el cuadrángulo de Orcopampa como en el de Cotahuasi se presentan generalmente incompletos, sin embargo, la única sección que se presenta en forma completa es la que se encuentra en el paraje de la catarata de Sipia donde alcanza los 400 m aproximadamente.

Aflora en la parte norte del cuadrángulo de Chulca en el cerro Huashua, en la margen izquierda del río Parco y en los alrededores de las lagunas de Chiclococha, Llancacochoa y Morocochoa (Foto N° 2) y en un reducido afloramiento en el cerro Angosto al sur de la laguna de Huanzo.

Comprende 200 m de areniscas de grano medio, subredondeadas, bien clasificadas de color gris claro, la estructura interna es generalmente estratificación sesgada de alto ángulo, son notorias también estructuras de canales. El grosor de los estratos varía de 0,30 a 0,50 m y generalmente se encuentran asociados en secuencias estrato creciente hacia arriba.

**Contenido Fósilífero.**- Las areniscas y las lutitas, presentan una flora constituida por restos de Equizetales, mal conservados y de diverso tamaño, no se ha encontrado contenido fósilífero de mayor valor paleontológico.

Esta unidad está recubierta por el Grupo Tacaza, y en algunos lugares se le observa con fuertes oxidaciones como en las nacientes de la quebrada Casilla.

En esta unidad no se han encontrado fósiles, se le ha reconocido como Formación Hualhuani por sus características sedimentarias, se le asigna una edad del Cretáceo inferior (Neocomiano).

### Formación Murco

JENKS W., (1948) y BENAVIDES V., (1962), indican que los afloramientos de esta unidad, ocurren en forma limitada en la parte central y suroeste del

cuadrángulo de Orcopampa, se observa en las proximidades de Chapacoco, Chilcaymarca, Panahua, mina Santa Rosa, Misahuanca y en la margen derecha del río Sanjollota (Foto N° 3). Particularmente, en Panahua y Palcuyoc, la Formación Murco se encuentra en la parte media del afloramiento, suprayace aquí concordante con las formaciones Hualhuani e infrayace concordante a la Formación Arcurquina; en cambio al sur de Chilcaymarca, la Formación Murco se encuentra en la parte superior del afloramiento, es concordante con la Formación Hualhuani, en tanto que su contacto superior es discordante con el Miembro Manto del Grupo Tacaza. En el cuadrángulo de Cotahuasi su extensión es también limitada, se encuentra al oeste de la ciudad de Cotahuasi sobre ambos márgenes del valle del río Cotahuasi; en la margen derecha está en franca concordancia tanto en su contacto inferior con la Formación Hualhuani como con su contacto superior con la Formación Arcurquina; en la margen izquierda, las condiciones varían, su contacto inferior es concordante con la Formación Hualhuani, en cambio, su contacto superior es discordante con la Formación Alfabamba.

Por lo general, estos afloramientos forman expresiones suaves en el terreno. Su litología está definida por una secuencia rojiza constituida mayormente por lutitas abigarradas, interestratificadas con areniscas rojo violáceas de grano fino a grueso y lutitas púrpuras; en menor proporción, se presentan facies conglomerádicas de gránulos y guijarros.

El grosor total de esta formación es difícil de precisar, debido a la forma incompleta como se presentan sus afloramientos. De manera general, se puede señalar que las secciones aflorantes en el paraje de la catarata de Sipia (cuadrángulo de Cotahuasi) alcanzan grosores que varían entre 400 y 600 m aproximadamente.

**Contenido Fósilífero.**- No se han encontrado fósiles que permitan asignarle una datación exacta.

Afloramientos de pequeña extensión se presentan en la parte central norte del cuadrángulo de Chulca, conforma una franja que corre por la margen derecha del río Parco, en las nacientes de las quebradas Millocachua (Foto N° 4), Anacochoa, por los cerros Mallmaya y Chachani.

En una sección estudiada en la quebrada Anacocha de 180 m de grosor, está compuesta en la base por lutitas, areniscas finas y algunas capas de calizas grises de grosores centimétricos; continúan volcarenitas verdes que son sobreyacidas por conglomerados en capas métricas, el tamaño promedio de los clastos es de 5 a 10 cm de diámetro, subredondeados a redondeados, seguidos de volcarenitas verdes de grano grueso, subangulosos en capas de 10 – 30 cm. La parte superior de esta formación está compuesta por conglomerados en capas métricas, con notorias estructuras de canal; el tamaño promedio de los clastos es de 10-20 cm existiendo clastos con más de 30 cm de diámetro, son subredondeados a redondeados su litología en su totalidad son rocas volcánicas (andesitas, ignimbritas).

No se han encontrado fósiles que permitan datarla, se le ha reconocido por su posición estratigráfica que sobreyace a la Formación Hualhuani. CALDAS J., (1993) en el cuadrángulo de Huambo asigna a la serie el Cretáceo inferior (Neocomiano superior-Aptiano).

### Formación Arcurquina

JENKS W., (1948), BENAVIDES V., (1962) indican que al igual que las anteriores facies sedimentarias, la exposición de la Formación Arcurquina es limitada en el cuadrángulo de Orcopampa, se presenta en Panahua, al NE de Andagua, en el flanco norte del cerro Huano Panco (Foto N° 5) y Palcuyoc. En Panahua, su contacto inferior es concordante con la Formación Murco, su contacto superior no es observable; al NE de Andagua, su contacto inferior no es observable, en cambio, su contacto superior es discordante con la facies ignimbrítica del Miembro Manto del Grupo Tacaza; en Palcuyoc, esta unidad sobreyace en concordancia a la Formación Hualhuani e infrayace parcialmente a la Formación Alpabamba y Grupo Tacaza.

En el cuadrángulo de Cotahuasi, la Formación Arcurquina alcanza regular extensión, se presenta en los alrededores de la ciudad de Cotahuasi principalmente en la margen derecha del cañón, también se encuentra en las localidades de Pampamarca, Taurisma ( Foto N° 6), entre otros.

En casi todos los afloramientos en los flancos del cañón no es posible observar el contacto inferior, salvo en el paraje de la catarata de Sipia y en la margen izquierda de la quebrada Andamarca donde yace sobre la Formación Murco; en cambio su contacto superior está definido por una franca discordancia angular con el Grupo Tacaza y la Formación Alpabamba.

Por lo general, la litología de la Formación Arcurquina es casi uniforme en todos los afloramientos, está constituida por una gruesa secuencia de calizas las cuales alternan con delgadas capas de areniscas calcáreas y horizontes de Chert. Las calizas son gris azuladas a gris claro y se disponen generalmente en bancos gruesos y competentes de 0,80 a 2 m de grosor, en algunos casos presentan texturas muy brechoides y por lo general muestran abundante manchas amarillas y rosadas. El grosor de la secuencia calcárea de la Formación Arcurquina se estima en unos 500 m.

Estructuralmente, se encuentra constituyendo principalmente, el núcleo de las estructuras anticlinales y sinclinales desarrolladas en esta parte.

Particularmente en el sector meridional de la hoja de Orcopampa, ocurren afloramientos dispersos, en especial, en la margen occidental del río Ocoruro y en las proximidades del caserío de Panahua. En la quebrada Tintayquisma el tope de la formación está compuesto por calizas brechosas grises muy replegadas que contienen Knemiceras, terminan cubiertas por la Formación Hualhuani en contacto anormal.

Contenido Fosilífero.- Las calizas presentan fósiles principalmente de equinoideos y ammonites y están asociadas con abundante nódulo de chert mayormente negros, marrones y beige. Particularmente, en la zona de Andagua, se han encontrado abundante fauna, principalmente el equinodermo *Pseudodiadema* del Albiano (PORTOCARRERO, J., 1960).

Se presenta también en pequeños y aislados afloramientos en la parte norte del cuadrángulo de Chulca en la margen derecha del río Parco, en el cerro Chancara, en la margen derecha de la quebrada Ancoripayoc. También se presenta en el cuadrángulo de Cayarani, en un pequeño afloramiento



al norte del caserío de Senjapalla. Los afloramientos presentan secciones muy incompletas y tectonizadas de calizas grises, muy recristalizadas, fracturadas y atravesadas por frecuentes venillas de calcita. Sin embargo se puede ver de manera muy esporádica calizas micríticas en capas de 20-40 cm con contenido de restos de conchas de pelecípodos y gasterópodos. Este episodio carbonatado y ampliamente distribuido en el sur del Perú ha sido datado por BENAVIDES, V., (1962) en el cuadrángulo de Arequipa como perteneciente a la serie del Cretáceo superior (Albiano-Cenomaniano con probable extensión al Turoniano)

## Unidades Volcánicas

La secuencia de la actividad volcánica para el área de Orcopampa, se data desde el Paleógeno medio (Mioceno) y se prolonga intermitentemente hasta tiempos recientes, mostrando cada vez un nivel decreciente en su manifestación. Sus productos eyectados están constituidos por brechas de flujo, tobas y derrames lávicos de naturaleza andesítica, dacítica, traquiandesítica y conforman un grueso manto compacto que yace sobre un substrato sedimentario plegado y fallado del Mesozoico antes descrito.

### Grupo Tacaza

NEWELL, (1949). El Grupo Tacaza constituye la unidad litoestratigráfica de mayor desarrollo en los cuadrángulos de Orcopampa y Cotahuasi, abarca aproximadamente, el 40% del área cartografiada, desde los 3 900 hasta los 5 500 msnm y se extiende fuera del área por grandes distancias.

En el cuadrángulo de Orcopampa, estas facies fueron descritas por CALDAS J., (1993) como Formación Orcopampa, en tanto que, en el cuadrángulo de Cotahuasi han sido descritas con el nombre genérico de Grupo Tacaza y en algunos casos como volcánico Cotahuasi.

En el cuadrángulo de Chulca aflora en la parte norte donde se encuentra en discordancia angular sobre las unidades mesozoicas, en el cuadrángulo de Cayarani se presenta bien expuesto en la parte norte y sur. En ambos cuadrángulos se han podido reconocer dos secuencias en base a sus características litológicas separándolas en dos formacio-

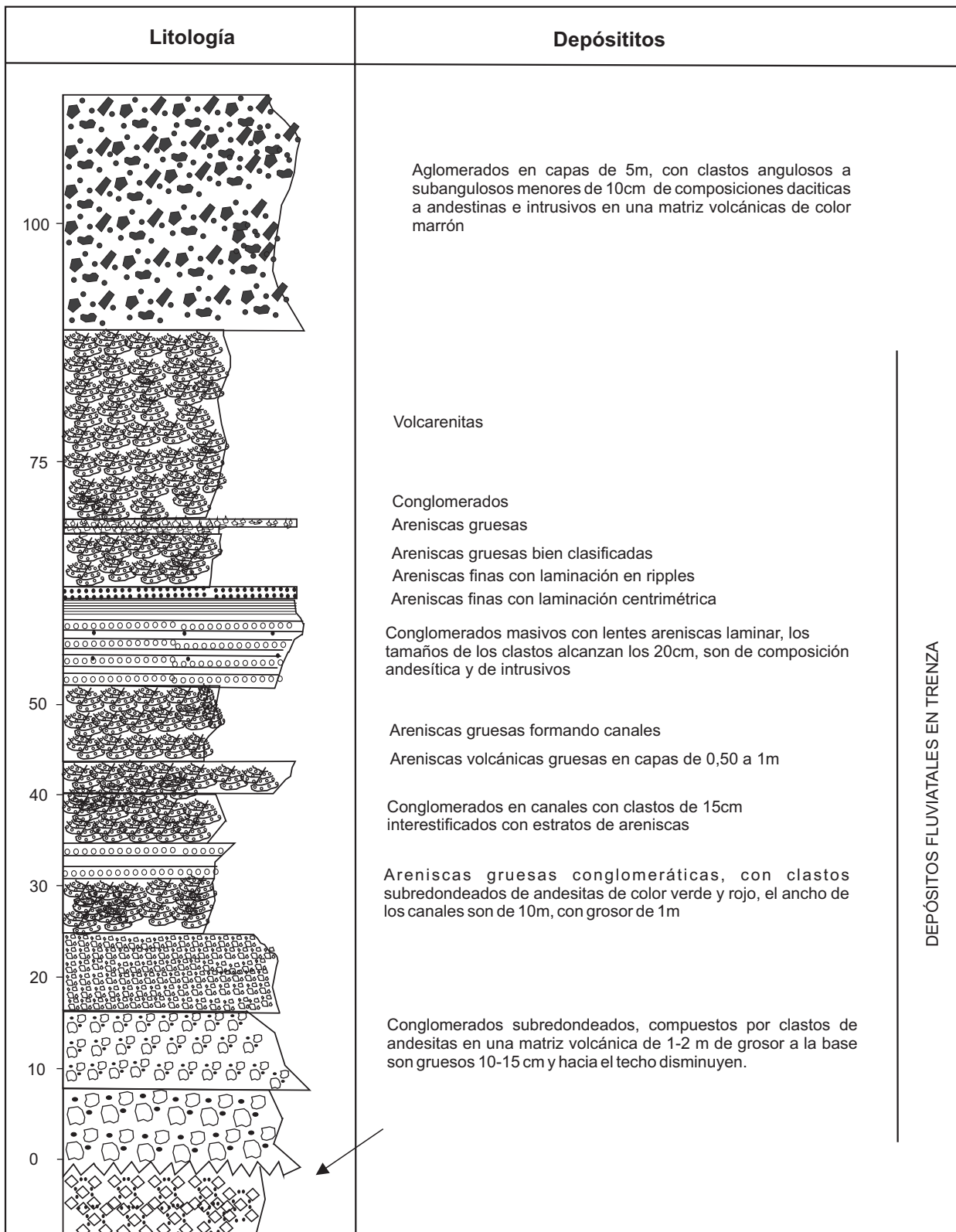
nes, la inferior denominada Formación Orcopampa que presenta una secuencia tobácea y conglomerádica y la superior más lávica denominada Formación Ichucollo.

### Formación Orcopampa

CALDAS J., (1993). Las facies de la Formación Orcopampa constituyen la primera manifestación del intenso volcanismo que afectó a la región y constituyen el volumen más cuantioso depositado en mantos extensos. Estos aspectos, junto a la inexistencia de huellas de conos volcánicos asociados a estos productos, fortalecen la explicación de su origen fisural, sin embargo, la ubicación posible de estas fisuras lineales o ejes de eyección volcánica, es problemático determinarlas.

La litología de la secuencia está constituida por la alternancia de tobas, brechas de flujo (aglomerados) y flujos de lava de composición andesítica, dacítica, riolítica y riodacítica con la participación ocasional de marcados horizontes de facies sedimentarias continentales constituidas principalmente por lutitas tobáceas, cineritas, calizas y conglomerados de extensión reducida. Estos materiales, que de manera significativa reflejan las repetidas alternancias de erupciones tanto efusivas como explosivas y periodos calmos de sedimentación que ocurrieron durante un período geológico más o menos largo, se acomodan en bancos gruesos, pseudo estratiformes y lenticulares, mostrando en algunos casos una significativa horizontalidad y en otros buzamientos promedio de 10° a 13° principalmente al NNE. Por efectos de meteorización, exhiben generalmente coloraciones rojizas, violáceas, moradas, amarillentas, verdosas, entre otras.

En el cuadrángulo de Cayarani se presenta en el sector norte, en los alrededores del paraje de Anchayaque, donde se observa hacia la base unas tobas grises no muy endurecidas compuestas por clastos volcánicos andesíticos intercalados con sedimentos conglomerádicos. Esta facies continúa a lo largo del río Cayarani llegando hasta el pueblo de Alja Victoria, donde la facies se hace más conglomerádica (Foto N° 7) en estratos métricos de color violáceo con clastos de tobas grises a blancas cuyos tamaños son menores de 60 cm, también se encuentran clastos andesíticos afíricos



DEPÓSITOS FLUVIALES EN TRENZA

**Fig. N° 6** Columna litoestratigráfica de la Formación Orcompampa (Grupo Tacaza inferior) Levantada al sur de Huataca (Cuadrángulo de Cayarani).



rojizos y grises, envueltos en una matriz volcánico sedimentaria de color violeta.

Otros afloramientos que representan a esta unidad se encuentran al sur de Huataca su grosor es de aproximadamente 120 m (Fig. N° 6). Litológicamente está constituida hacia la base por conglomerados subredondeados en capas métricas, los elementos líticos son pórfidos andesíticos de diámetro que varían de 10 a 15 cm, hacia arriba continúa con intercalaciones de areniscas gruesas a conglomerádicas constituidas por granos de feldespatos y cuarzo subredondeados en una matriz areno tobácea. Los elementos líticos del conglomerado son andesitas con diámetros de hasta 15 cm, muestran buena estratificación, están bien compactas formando estructuras sedimentarias de erosión como canales. El ambiente de sedimentación indica depósitos fluviales en trenza.

Todo este conjunto de rocas está afectado por una fuerte alteración hidrotermal que ha dado lugar a la formación de yacimientos epitermales de oro y plata que están en una etapa de exploración en los alrededores de Alja Victoria.

Por la similitud de facies y por la existencia de edades radiométricas que fluctúan entre los  $18,9 \pm 0,4$  a  $19,1 \pm 0,3$  Ma (Mioceno inferior) en los alrededores de la mina Orcopampa NOBLE, (1973), se les a dado los mismos nombres así como su edad.

Se han diferenciado dentro de la Formación Orcopampa los siguientes miembros:

#### **A) Miembro Pisaca**

Las tobas del Miembro Pisaca constituyen las rocas más antiguas de la secuencia y son reconocidas solamente en las labores mineras de la mina Orcopampa, afloramientos pequeños no cartografiados a la escala del presente trabajo se encuentran típicamente en los alrededores de Huancarama y Allhuire. La base muestra una coloración blanco amarillenta y está compuesta por tobas que muestran avanzado grado de alteración (caolinización de feldespatos). Hacia la parte superior, la tonalidad cambia a un color blanco amarillento con matices rojizos y está constituida por delgados estratos lapillíticos compactos. Se trata

de tobas riolíticas, dacíticas y riódacíticas que alcanzan un grosor aproximado de 250 a 400 m. Estas tobas revisten especial importancia porque en ellas se encuentran buena parte de la mineralización del yacimiento Orcopampa. En fractura fresca, son de color gris claro a blanquecino, por meteorización muestran una coloración gris pardusca.

El análisis mineralógico, reporta la presencia de un 20% de fenocristales envueltos en una matriz afanítica (micro granular), siendo más abundante las plagioclasas, luego el cuarzo y en menor proporción (5 %) se encuentran la biotita y la hornblenda, siendo menos abundante esta última, que en algunos casos puede ser el único mineral ferromagnesiano importante presente; óxidos de hierro y titanio siempre están presentes. De manera general, los feldespatos muestran un proceso de caolinización.

Edad.- Una datación radiométrica por el método del K/Ar arroja una edad de  $19,1 \pm 0,3$  Ma.

#### **B) Miembro Santa Rosa**

Es una secuencia de brechas y lavas que afloran típicamente al SE de la ciudad de Orcopampa (alrededores de la minas Santa Rosa-Tudela, Calera, Allhuire y Blancas). Constituye la unidad de mayor extensión y se encuentra tanto en el cuadrángulo de Orcopampa como en el de Cotahuasi, su grosor varía desde los 50 m hasta los 400 m y se encuentra sobreyaciendo al Miembro Pisaca y en algunos casos a la Formación Hualhuani. En la localidad de Tomepampa (Foto N° 8) está constituida por brechas de flujo intercaladas con lavas andesíticas, ocasionalmente se encuentra tobas subacuosas, lentes de lutitas y calizas de agua fresca. La composición varía, son principalmente de composición dacítica, latita cuarcífera y andesítica.

Las brechas están formadas por fragmentos de naturaleza generalmente, andesítica seguidos por dacitas y fragmentos redondeados de cuarcita y caliza (quebrada Mulañan). La matriz en la mayoría de los casos es Andesítica. Los fragmentos varían de semiangulosos a semiredondeados con un diámetro de 0,05 m llegando algunos hasta 2 m, las tonalidades varían desde el marrón claro hasta el verdoso, amarillento y violáceo. Una muestra sobre

estas características puede observarse en la (Foto N° 9) (cerro Sayasaya ubicado al oeste de la localidad de Humachulco).

La secuencia presenta horizontes de conglomerados de cuarcitas, andesitas, calizas de agua fresca y lutitas rojas.

Una muestra de mano de estas brechas muestra generalmente una coloración gris a gris marrón, en fractura fresca se observa fragmentos líticos de andesita tanto de textura afanítica como porfírica, en promedio, estos fragmentos varían desde 3 mm a 3 cm de diámetro, muestran contornos angulosos hasta subredondeados y están embebidos en una matriz microlítica (a veces vítrea) compuesta de feldespatos calcosódicos y potásicos. A la lupa, las andesitas porfíricas, muestran fenos de plagioclasa, constituidas principalmente por andesinas euhedrales a subhedrales con maclas polisintéticas y zonadas.

En el cuadrángulo de Chulca aflora en la parte norte, donde se ha podido observar que presenta una buena estratificación y una litología compuesta de conglomerados, arenas volcánicas, interestratificadas con capas de tobas retrabajadas.

**Edad.**- Seis dataciones radiométricas K-Ar y dos dataciones Ar-Ar efectuadas en esta facies, reportan edades comprendidas entre  $22,8 \pm 0,7$  y  $19,47 \pm 0,6$  Ma (SWANSON, E., 2001), estas dataciones ubican al Miembro Santa Rosa en el Mioceno inferior.

### C) Miembro Manto

Es un conjunto de tobas e ignimbritas con características casi similares a las tobas Pisaca. Se le encuentra solamente en el cuadrángulo de Orcopampa, tiene un grosor aproximado de 250 a 300 m y aflora típicamente en la localidad de Chilcaymarca, Tintaymarca y en los alrededores de la mina Manto (distrito minero de Orcopampa) y al NE de Allhuire.

Presenta una coloración gris verdosa a violácea por la alteración de los máficos. De lejos se observa como una faja blanquecina que rompe la monotonía de la gruesa acumulación de aglomerados y lavas; pero su continuidad lateral no es posible determinarla. Su composición es riolítica a latita

cuarcífera con un aspecto más masivo y compacto que las tobas Pisaca.

El análisis mineralógico de las ignimbritas reporta el contenido de 25 a 30 % de fenocristales, de los cuales 1/3 son de cuarzo y 2/3 de feldespatos; la sanidina está presente, la biotita es el mineral ferromagnesiano dominante, es mayor que la hornblenda. En la zona de "veta manto" las tobas se hallan piritizadas y toman una coloración dominante pardo amarillento a blanquecina por argilización y gris claro en las periferias por estar ligeramente alterada.

Hacia la parte superior, las tobas manto terminan en una secuencia intercalada de tobas riolíticas-latíticas, calizas, material lutáceo, arenas volcánicas y chert, localmente se las describe como toba subacuoso La Lengua y aflora en Calera, alrededor de Manto etc. Los paquetes de caliza alcanzan los 2 m, son grises y de granulación muy fina con impurezas de arcilla y óxidos de hierro, por su fracturamiento sobresalen nítidamente en el terreno. Las capas lutáceas son muy delgadas (0,20 m, frágiles y deleznales. Se estima un grosor promedio de 40 m.

**Edad.**- Existen 15 dataciones radiométricas realizadas en este miembro: 6 corresponden al método K-Ar, 8 al método Ar-Ar y 1 al método Rb-Sr. Las dataciones K-Ar reportan una edad comprendida entre  $19,9 \pm 0,6$  y  $18,3 \pm 0,6$  Ma, en tanto que, las dataciones Ar-Ar muestran edad comprendida entre los  $20,35 \pm 0,39$  y  $14,16 \pm 0,025$  Ma (NOBLE C. et al., 1973 y SWANSON, E., 2001). La datación radiométrica por el método Rubidio-Estroncio arroja una edad de  $18,9 \pm 0,4$  Ma. Estas dataciones ubican también al Miembro Manto dentro del Mioceno inferior- medio.

### D) Miembro Ayccaje

Es una secuencia de lavas andesíticas que tienen como afloramiento típico al cerro Ayccaje ubicado al este de la mina Shila. Se las considera equivalentes a las andesitas que afloran en los cerros Posoco y Sani ubicados al este de la localidad de Tolcone (centro este del cuadrángulo de Orcopampa), cerro Huall ubicado al este de Orcopampa, cerros Chuycho y Jatunjaja ubicados al noroeste de la central hidroeléctrica de la mina

Orcopampa y las cumbres del cerro Laychanhuiri ubicado al noroeste de la localidad de Umachulco.

En el cerro Aicaje y en las cumbres del cerro Laychanhuiri, las andesitas reposan en franca discordancia sobre la facies aglomerádica del Miembro santa Rosa, en cambio, en los cerros Posoco y Sani, Huall, Chuycho y Jatunjaja reposan en cierta concordancia sobre las facies tobácea e ignimbrítica del Miembro Manto.

Litológicamente, las andesitas son de color gris ligeramente oscuro, por meteorización muestran una tonalidad marrón rosáceo a pardusco, son de textura porfírica de grano fino-medio, ocasionalmente de grano grueso, los elementos minerales principales están constituidos por andesina, augita, biotita y ocasionalmente cuarzo. Los fenos de andesina, son euhedrales a subhedrales, muestran macla polisintética y están zonados, sus bordes están corroídos y alteran a calcita y sericita; los fenos de biotita, son también euhedrales a subhedrales y sus bordes corroídos alteran a limonita; los fenos de augita, varían de subhedrales a anhedrales y alteran a tremolita y arcilla; finalmente, los fenos de cuarzo, son anhedrales y rellenan cavidades intersticiales.

**Edad.**- Una datación radiométrica por el método K-Ar arroja una edad de  $11,4 \pm 0,6$  Ma. Esta datación ubica a estas andesitas en el Mioceno medio-superior.

#### **Formación Ichucollo**

Aflora en la parte sur del cuadrángulo de Cayarani, en los alrededores de la mina Arcata, una columna levantada en la margen derecha del río Salto (Fig N° 7) está compuesta hacia la base por areniscas de grano medio en capas de 5 a 15 cm con laminación plano paralela que alternan con limos tobáceos; inmediatamente encima se presentan flujos de lavas con grosores entre 7 y 20 m, son lavas andesíticas de textura gruesa porfírica de color verde, sus plagioclasas están en forma cuadrada y presentan alteración a cloritas; hacia arriba se encuentran 350 m de aglomerados de color blanco, que intemperizan a un color amarillo, sus clastos están constituidos mayormente por material tobáceo blanco con cristales de biotita, cuarzo y plagioclasas en una matriz piroclástica, continúa

hacia arriba con brechas piroclásticas compuestas por fragmentos de pómez subredondeados verdes con tamaños máximos de 25 cm, están hidrotermalizados y contienen pigmentaciones de hierro; la columna termina con una lava andesítica de 35 m de grosor totalmente hidrotermalizada, los anfíboles están cloritizados. En todo este conjunto de rocas se presenta una importante área con mineralización argentífera (mina Arcata) con vetas que tienen una dirección promedio este-oeste siendo su mineralogía sulfosales de plata.


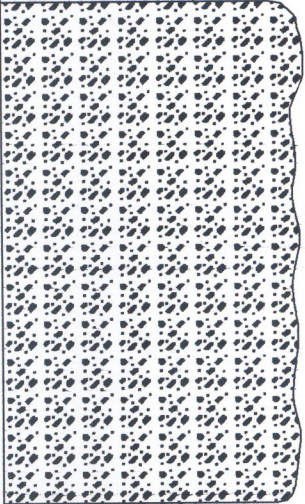
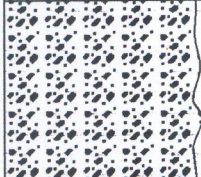
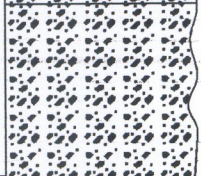


Otro afloramiento de esta unidad se presenta en la esquina noroeste del cuadrángulo de Cayarani (Foto N° 10), el cual continúa dentro del cuadrángulo de Chulca; a esta cadena volcánica se le denomina cordillera de Huanzo. En estos afloramientos se observa una sucesión de lavas de andesita porfírica y aglomerados atravesados por diques andesíticos, en este lugar se encuentra la mina Huanzo que presenta una mineralogía de plomo, plata y molibdeno.

#### **Grupo Sillapaca**

Como una excepción dentro de la secuencia del Grupo Tacaza y con el nombre de Grupo Sillapaca, se describe a un afloramiento de aglomerados y lavas andesíticas con fuertes evidencias de alteración hidrotermal y meteórica en los cerros Ccaccape, Vista Chico y Tancane ubicados en la parte alta del cañón y al suroeste de la ciudad de Cotahuasi (cuadrángulo Cotahuasi).

Su identificación es un tanto problemática, por una parte parece corresponder a la facies del Grupo Tacaza, pero no obstante, se le describe provisionalmente como Grupo Sillapaca. La litología está definida por aglomerados andesíticos de color gris claro, gris verdoso, gris violáceo y amarillento y lavas gris claras y gris verdosas, los fragmentos de los aglomerados son andesitas porfíricas cuyas dimensiones varían de 10 a 15 cm, los cuales se encuentran embebidos en una matriz afanítica ligeramente porosa. Hacia la parte superior de la secuencia alternan horizontes de ignimbritas gris claras. El contacto inferior no es observable, en tanto que su contacto superior está en relación discordante con las facies ignimbrítica y tobácea del Miembro Arma (Barroso superior).



Columna	Descripción
	<p>Tobas andesíticas verdes compuestas por 1% de líticos, de composición andesítica, cuyos tamaños alcanzan los 10 cm de diámetro.</p>
	<p>Aglomerados amarillos con clastos de composición andesítica y dacítica sus colores varían de marrón a gris y el tamaño de 4 a 5 cm, está bien hidrotermalizada</p>
	<p>Aglomerados gris verdosos, sus clastos son de composición tobácea de color blanco</p>
	<p>Aglomerados gris blancos, sus clastos son tobas blancas de hasta 30 cm de diámetro de composición andesítica</p>
	<p>Lavas andesíticas porfíricas gris oscuras, visibles cristales de plagioclasas</p>
	<p>Lavas andesíticas porfíricas verdes con gruesos cristales de plagioclasas</p> <p>Lavas andesíticas porfíricas verdes</p> <p>Lavas andesíticas de color verde con textura porfírica, gruesos cristales de plagioclasas, biotitas</p> <p>Volcarenitas de grano medio en capas de 5 cm</p>

**Fig. N° 7** Columna litoestratigráfica de la Formación Ichucollo (Grupo Tacaza superior) Levantada al sur de la mina Arcata (cuadrángulo de Cayarani)

## Formación Alpabamba

OLCHAUSKI, E., (1994). La Formación Alpabamba aflora por la parte sur del cuadrángulo de Orcopampa y se extiende ampliamente por la mitad norte del cuadrángulo de Cotahuasi. Una de las mejores exposiciones de esta formación se encuentra entre el flanco derecho del río Huarcaya y el cerro Allcullacu (este de la localidad de Puica), ubicados en el cuadrángulo de Cotahuasi, así como en las partes altas de la localidad de Pampamarca (Foto N° 11).

Esta unidad se encuentra rellenando un paleorelieve aparentemente, muy accidentado y labrado a expensas de las rocas del Grupo Tacaza y facies sedimentarias mesozoicas. Dentro de estas condiciones, en el cuadrángulo de Orcopampa yace en discordancia erosional sobre la facies ignimbrítica del Miembro Manto (Grupo Tacaza), en tanto que en el cuadrángulo de Cotahuasi, reposa sobre el Grupo Tacaza (Miembro Santa Rosa) y las formaciones Hualhuani, Murco y Arcurquina. De manera general, toda la secuencia tiene una coloración que varía de blanco amarillento a marrón blanquecino y marrón violáceo, estas coloraciones son características y permiten que sea fácilmente identificable en el campo, casi en forma regional. En la composición toman parte tobas, ignimbritas, lapilli y facies retrabajadas estratificadas, ocasionalmente se interstratifican lavas riolíticas a dacíticas con brechas de flujo.

En los cuadrángulos de Chulca y Cayarani sus mejores afloramientos están localizados en ambos lados de la cadena de nevados que conforman la Cordillera Occidental, esta unidad descansa con ligera discordancia angular sobre el Grupo Tacaza tal como se observa en el pueblo de Chilhuane (Cayarani).

Según esta particularidad, se pueden diferenciar tres miembros:

### Miembro Huarcaya (Alpabamba 1)

Esta unidad es la de mayor grosor, su afloramiento típico está ubicado en el río Huarcaya y el cerro Allcullacu, ubicado al oeste de la localidad de Puica (cuadrángulo de Cotahuasi). En este lugar la secuencia presenta un grosor de 1 500 m y aún se pueden diferenciar tres niveles de facies

tobáceas. La unidad inferior reposa directamente sobre el Grupo Tacaza en paleorelieve y está constituido por tobas brechoides gris claras de buena consistencia. Hacia la parte media se presenta una secuencia alterada de facies tobácea de color blanco amarillento a rosáceos y fácilmente erosionables. Fruto de esta situación, se forman suelos blanquecinos fácilmente reconocibles a la distancia; finalmente, hacia la parte superior se presenta una secuencia de facies tobácea un tanto más dura que las anteriores, las cuales, muestran escarpas bien definidas. En las partes altas de la localidad de Puica, esta facies se encuentra interstratificada con lavas de naturaleza riolíticas a dacíticas.

En el poblado de Ayahuasi y el cerro Condorsayhua ubicados al sureste de la localidad de Alca (flanco izquierdo del cañón de Cotahuasi) se encuentran tobas soldadas con fragmentos de rocas de tamaño variable. En los cerros Aycano y Sonccopata ubicados también al noreste de la localidad de Alca, se encuentran unas tobas de color amarillento que reposan sobre aglomerados del Miembro Santa Rosa (Grupo Tacaza), en estas tobas se observan cristales alargados de anfíboles negro brillantes de 0,5 a 5 mm de longitud. En el cerro Huiñao (este de la ciudad de Cotahuasi), las tobas son gris rosáceas y se presentan con disyunción columnar. En una muestra de mano se pueden observar fragmentos de pómez hasta de 3 cm, también minerales de plagioclasa, cuarzo y biotita.

En el cuadrángulo de Chulca aflora en las partes central y sur. Su litología esta compuesta por una sucesión de tobas blancas, en capas de 10 a 15 m intercaladas con depósitos de caída.

En el cuadrángulo de Cayarani los afloramientos del Alpabamba 1 se extienden en forma continua por ambos lados de la cadena de nevados Cacya, Seccha y cerros Palangata. Una de sus mejores exposiciones se encuentra en el trayecto del río Huarajo y el pueblo de Chilhuane, aquí se levantó una columna donde hacia la base se encuentra el Grupo Tacaza (Formación Ichucollo) conformado por aglomerados marrones a verdes con clastos cuyos diámetros varían de 3 a 35 cm. Inmediatamente hacia arriba se inicia la Formación Alpabamba 1 (Fig. N° 8) con un depósito de caída de pómez de 1 m de grosor, continúa 50 cm de



arenas rojas de grano medio, masivas luego 1 m de pómez de caída, encima se encuentran 180 m de flujos ignimbríticos soldados (Foto N° 12) de color blanco con gruesas estructuras en flama, ricos en biotita, intercalados con ignimbritas para luego terminar con una ignimbrita rica en líticos del Grupo Barroso.

### **Tobas de la laguna Pariguanas**

Es un conjunto de tobas cuyas mejores exposiciones se encuentran en los alrededores de la laguna Pariguanas ubicada hacia la parte noreste del cuadrángulo de Orcopampa (suroeste de la localidad de Tolcone).

Estas tobas tienen una extensión muy local y sobreyacen en discordancia a las aglomerados del Miembro Santa Rosa, a la facies piroclástica del Miembro Manto y a la facies lávica del Miembro Aicaje (esta última relación se puede observar en el paraje de Pampa Chilpe). En sus relaciones superiores se encuentran intruidas por domos colada correspondientes al Grupo Barroso y domos colada correspondientes al complejo Challahuire.

Son tobas brechoides poco consistentes de color gris verdoso en superficie fresca y amarillo rojizo en superficie intemperizada. Los clastos que se encuentran embebidos en la matriz tobácea están constituidos mayormente por fragmentos de pómez y andesitas gris rosadas cuyas dimensiones varían de 0,5 a 2,5 cm, también en menor proporción granos de cuarzo, plagioclasas y biotita. Por lo general los fragmentos de pómez están alterando a facies arcillosas mostrando coloraciones verdosas, en algunos casos estas fracciones arcillosas han sido lavadas y por tanto ocasionado muchas oquedades.

**Edad.**- Dos dataciones radiométricas por el método K-Ar han sido realizadas en estas tobas y éstas muestran una edad comprendida entre  $7,6 \pm 0,3$  y  $7,1 \pm 0,2$  Ma (SWANSON, E., 2001), por lo tanto, esta facies se ubicaría en el Mioceno superior.

### **Miembro Toro (Alpabamba 2)**

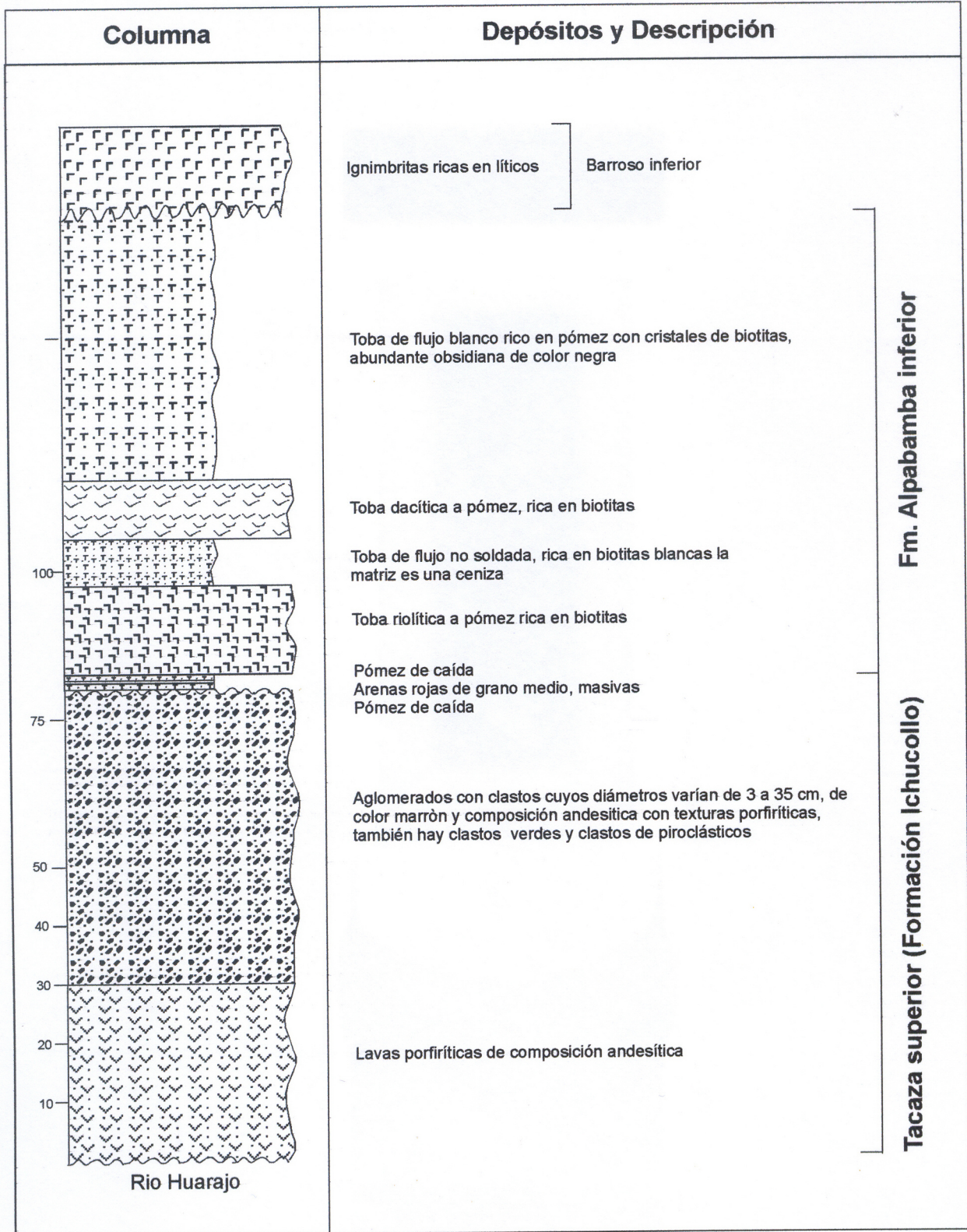
Esta secuencia constituye la parte superior con la cual rematan todos los eventos que han dado lugar a la Formación Alpabamba. Esta unidad se

presenta bien expuesta al este y en las partes altas de la localidad de El Toro, ubicada al suroeste de la ciudad de Cotahuasi, también se encuentra ampliamente difundida al noreste y en las partes altas de la localidad de Pampamarca conformando la pampa Pachapaqui (esquina noreste del cuadrángulo de Cotahuasi), asimismo, se pueden observar afloramientos pequeños en las partes altas de la localidad de Huaynacotas.

La litología de esta unidad, está constituida principalmente, por una secuencia finamente estratificada de fácies retrabajadas de tobas, arenas tobáceas, lapilli y cineritas. Por lo general, estos materiales se disponen de una manera horizontal a subhorizontal sobre la facies del miembro anterior y en algunos casos sobre las rocas del Grupo Tacaza. Son muy deleznable y aparentemente parecen haber sido depositados en niveles subacuosos, dado que presentan pequeñas estructuras sedimentarias como ripples, canales y variaciones faciales a corta distancia. En la localidad típica El Toro, la secuencia presenta un grosor de más o menos 200 m.

En el cuadrángulo de Chulca aflora en ambas márgenes de los valles de los ríos Compepalca, Yegua y Cushpa, Chulca y margen izquierda del río Huanacomarca. Se trata de un volcanismo explosivo y retrabajado de unos 350 m de grosor en el que se pueden distinguir tobas primarias de 5-15 m de grosor compuestas por pómez y algunos líticos andesíticos, cuarzo, plagioclasas, biotitas y piroxenos. Estas tobas soldadas son de color blanquecino, con intemperismo de color amarillento. Alternan también capas de pómez de caída cuyos grosores varían de 30 a 60 cm dando una estratonomía homogénea en paquetes de 40 a 50 m, se trata mayormente de depósitos de ceniza retrabajadas posiblemente en ambientes lagunares. Es notoria también la presencia de capas de 30 a 40 cm de conglomerados subangulosos a subredondeados compuestos por líticos de andesita, pómez y tobas endurecidas.

En el cuadrángulo de Cayarani la Formación Alpabamba 2 se presenta como remanente en la margen derecha del río Condorillo, en ambas márgenes de la quebrada Paccaihuaijo, prolongándose hacia el sureste. Las mejores exposiciones están



**Fig. N° 8** Columna litoestratigráfica de la Formación Alpacabamba 1 levantada desde el Río Huarajo a Chilhuane (cuadrángulo de Cayarani)



entre Madriyoc y el cerro Tacupacha, también en el cerro Pabellón, margen derecha del río Condorillo. Pequeños restos de esta unidad se encuentran a ambos márgenes del río Ocoruro. Una columna levantada entre Madriyoc y el cerro Tacupacha de 150 metros de grosor (Fig. N° 9) tiene las siguientes características: hacia la base se encuentran conglomerados con clastos de pómez verdes y líticos andesíticos, sus diámetros alcanzan el centímetro englobados en una matriz de ceniza piroclástica, luego hacia arriba hay una alternancia de litoarenitas y volcarenitas (Foto N° 13), en capas de 1 a 3 metros con gradación normal; su ambiente de depositación es continental con facies de conos aluviales, a sistemas fluviales y lacustres.

### **Tobas Humachulco**

Geólogos de la mina Orcopampa describen como tobas Humachulco a una delgada secuencia de tobas y piroclastos estratificados que afloran en la parte noroccidental del cuadrángulo de Orcopampa. Reposan en franca discordancia sobre los aglomerados del Miembro Santa Rosa y la facies piroclástica del Miembro Manto; en aparente concordancia parecen sobreyacer a la facies piroclástica de la Formación Alpacabamba. Por la parte superior, infrayacen en discordancia a las facies lávicas del Grupo Barroso (Barroso inferior). Por su posición y características litoestratigráficas algo similares al Miembro Toro (cuadrángulo de Cotahuasi), se incluyen y describen provisionalmente dentro de esta unidad hasta determinar si se trata de la misma facies o son unidades diferentes.

Particularmente, estas facies rellenan una depresión labrada sobre el Grupo Tacaza (miembros Santa Rosa y Manto) y son cubiertas por lavas del Grupo Barroso (Barroso inferior). Litológicamente, la sección está constituida por tobas en la base y facies piroclástica retrabajadas en la parte superior. Las tobas son de naturaleza dacítica, por lo general muestran una textura un tanto brechoide poco compactas y de color gris claro a blanquecino en fractura fresca y de color blanco amarillento por alteración, toman parte en su composición fragmentos angulosos y subredondeados de andesitas y pómez. Los minerales más frecuentes son fenocristales de andesina con hornblenda y biotita, ocasionalmente presenta cuarzo. La facies

piroclástica retrabajadas están constituidas por lapillis, arenas tobáceas y cineritas, se disponen en estratos delgados del orden métrico y centimétrico mostrando en algunos casos pegamientos pequeños aparentemente no relacionados con procesos tectónicos. Por su magnitud y la forma en que se presentan, más parecen el resultado de una compactación diferencial como consecuencia del peso o carga de la acumulación de materiales piroclásticos (Foto N° .14). Se estima un grosor de 100 m.

Edad.- Dos dataciones radiométricas por el método K-Ar han sido realizadas en la facies tobácea Humachulco. Estas dataciones reportan una edad de  $6,3 \pm 0,1$  y  $6,3 \pm 0,2$  Ma. La edad ubica a estas facies en el Mioceno superior.

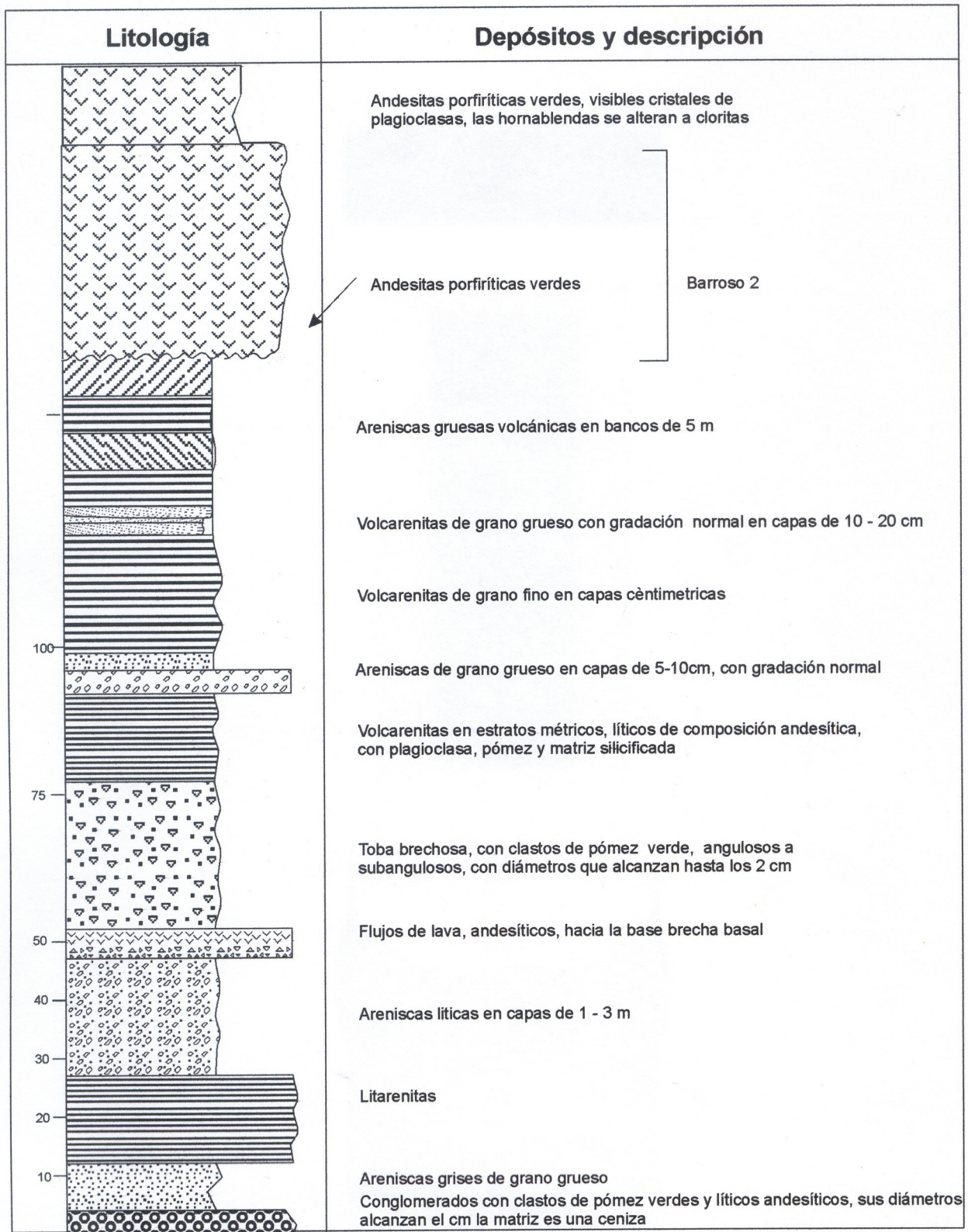
### **Formación Aniso**

Esta formación fue definida en el cuadrángulo de Pacapausa, describiéndola como una unidad compuesta por tobas retrabajadas, conglomerados y volcarenitas en el área de estudio se ha reconocido entre la quebrada Pampahuasi y la quebrada Tajra una unidad compuesta por más de 300 m. de tobas retrabajadas, en las cuales se puede distinguir una estratificación compuesta por capas de 20 a 30 cm. la litología consiste en pómez, líticos de andesita de 1 a 2 cm, en una matriz compuesta por vidrio, plagioclasas, biotitas. La estructura interna es masiva y los materiales están mal clasificados. Esta unidad desaparece rápidamente debajo de las tobas Vilcarani.

### **Formación Sencca**

JENKS J., (1948) determina que la Formación Sencca se hace presente solamente en el cuadrángulo de Orcopampa. La distribución de esta facies piroclástica es en cierta medida muy reducida. Se encuentra circunscrita a la margen derecha del río Silbe y a los alrededores de Chuco Chuco Pampa ubicada en la margen oriental de la mitad inferior del cuadrángulo. Está constituida por tobas brechoides gris claras, por alteración muestran coloraciones blanco rosáceas; son poco compactas, los fragmentos constituyentes son angulosos y subredondeados, generalmente de lavas de composición andesítica. Una muestra de mano, muestra





**Fig. N° 9** Columna litoestratigráfica de la Formación Alpacamba 2, levantada entre Madriyoc y cerro Tacupacha (cuadrángulo de Cayarani)

a una toba de composición dacítica, con abundante fenocristal de andesina, hornblenda y biotita.

**Edad.**- No se cuenta con dataciones radiométricas en la zona.

### **Grupo Barroso**

WILSON, J., (1962) manifiesta que las facies del Grupo Barroso se extienden mayormente por la mitad sur del cuadrángulo de Cotahuasi, afloramientos aislados se encuentran por la mitad norte de los cuadrángulos de Cotahuasi y Orcopampa.

De manera general, está constituido por facies lávicas andesíticas que reposan mayormente en discordancia erosional sobre las rocas del Grupo Tacaza y la Formación Alpacabamba. Morfológicamente se presentan como mantos lávicos, domos-colada o constituyendo estrato-volcanes de regular dimensión.

Desde el punto de vista genético, las facies lávicas situadas en la parte norte de los cuadrángulos (región altiplánica) parecen ser más antiguas que las facies lávicas que constituyen los estratovolcanes Coropuna, Solimana y Firura ubicados en la parte sur (Cordillera del Barroso).

Las particularidades morfológicas, litológicas y relaciones estratigráficas de estas facies permiten distinguir dentro del grupo dos unidades: una unidad inferior (Barroso inferior) constituida por lavas más fluidas y por lo tanto de mayor recorrido y una unidad superior (Barroso superior) constituida por lavas mucho más viscosas y por lo tanto de menor recorrido, que ha permitido la formación de estratovolcanes de mayor significancia.

En los cuadrángulos de Chulca y Cayarani el Grupo Barroso tiene una amplia distribución, presentando hacia la base depósitos piroclásticos del volcánico Vilcarani, continúa un conjunto de lavas andesíticas porfírica, sobre éstas lavas horizontales afaníticas y finalmente una serie de estratovolcanes.

#### **Formación Barroso 1 (Formación Arma)**

Se describe como Formación Arma a una secuencia estratificada de materiales piroclásticos que alcanza regular extensión y se encuentran constitu-

yendo la base sobre la cual se han edificado las estructuras volcánicas jóvenes como los volcanes Solimana, Coropuna y Firura. Su grosor varía entre 100 y 150 m, una mejor exposición se encuentra a lo largo del río Arma. La secuencia está constituida por aglomerados en la base, sigue una secuencia de lapilli y cenizas de color blanco amarillento, continúan hacia arriba una secuencia de tobas ligeramente deleznable y finalmente cierra la secuencia un conjunto de ignimbritas gris claras.

El afloramiento del paraje de Ocoruro rellenan un pequeño valle y está constituido por ignimbritas gris claras ligeramente plumas, presentan disyunción columnar.

**Origen y Edad.** - No se cuenta con evidencias para indicar exactamente las estructuras que habrían controlado la eyección de estas facies explosivas. Las observaciones de campo, solamente permiten indicar la posibilidad de un control conjugado de tipo central y de fisura.

#### **Formación Barroso 2**

En el cuadrángulo de Chulca se encuentran como parches en las partes más elevadas de la cordillera de Huanzo, también en los alrededores de la laguna Uchuycocha, cerro Chilpe y al este de la laguna Azulcocha.

En el cuadrángulo de Cayarani se encuentra formando las crestas de los nevados Igma, Yaurinca, Huamanripa, Condorillo, cubriendo discordantemente a la Formación Ichucollo, (Grupo Tacaza) hacia el sur de este cuadrángulo y al noreste de la mina Arcata se encuentra conformando los cerros Tacupacha y Quilca, se trata de lavas andesíticas porfíricas con gruesos cristales de plagioclasas que alcanzan los 3 mm de tamaño, los anfíboles se presentan completamente cloritizados, la muestra presenta una alteración propilítica.

#### **Formación Barroso 3**

La facies lávica correspondientes al Barroso 3 se extienden principalmente, por la parte altiplánica, en particular se extienden por la parte norte de los cuadrángulos de Cotahuasi y Orcopampa, cubriendo en discordancia a las facies del Grupo Tacaza y la Formación Alpacabamba.



Una característica principal de esta unidad, es que está constituida básicamente por flujos lávicos, que por lo general se disponen adoptando morfologías que varían entre mantos lávicos y domos colada, aparentemente no hubo la tendencia de formar estratovolcanes de significativa dimensión, o bien han sido casi totalmente desmantelados por efecto de las glaciaciones posteriores.

Los mantos lávicos alcanzan largas distancias fuera del punto de emisión, siguen los lineamientos de la topografía preexistente y tienden a aproximarse geométricamente a cuerpos estratiformes. En o cerca a los esqueletos volcánicos, estos mantos se encuentran inclinados según las pendientes de éstos. Al alejarse van adquiriendo gradualmente la horizontalidad o subhorizontalidad, dando lugar en las partes bajas, a pequeñas geoformas preservadas como aisladas mesetas lávicas. Litológicamente estos mantos están constituidos por lavas andesíticas gris oscuras en fractura fresca y gris claras a gris parduscas por meteorización, son de textura afanítica y en muchos casos va acompañada de una textura fluidal (principalmente en los niveles de la base) o vesicular orientadas según la dirección del flujo. En su composición, se observa regular contenido de piroxenos (Augita) no bien definidos y alteran a facies arcillosas. Dentro de este contexto, los mejores exponentes de esta unidad son el ruinoso aparato volcánico Cajchaya ubicado en las proximidades de la mina Ares (límite norte del cuadrángulo de Orcopampa) y los mantos lávicos del cerro Antapuna ubicado al norte de la ciudad de Orcopampa.

Los domos colada, tienen menor distribución, son de dimensión pequeña y observables únicamente en el cuadrángulo de Orcopampa. Litológicamente, están constituidas por andesitas grises a gris azuladas en superficie fresca y gris parduscas por meteorización, son de textura porfírica de grano fino a medio y sus principales minerales están constituidos por andesina en mayor proporción y biotita y piroxenos en menor porcentaje. Son ejemplos de este tipo de morfología los domos colada ubicados al sureste de la central hidroeléctrica de la mina Orcopampa, en el sur de la laguna Corococha, al este y oeste de la laguna Pariguana y en la planta de concentración de la mina Shila.

En el cuadrángulo de Chulca afloran en la parte central y sur constituyendo pequeñas planicies elevadas.

En el cuadrángulo de Cayarani, afloran en el sector central y sur, se encuentran conformando aparatos volcánicos erosionados en los que se observa parcialmente el cráter en los cerros Huentecamani y Chuanuma formando estructuras lávicas subhorizontales como la pampa de Uchuysora donde las lavas afíricas descansan discordantemente sobre las lavas porfíricas. Petrográficamente se tratan de lavas de composición andesítico basáltica, afírica de color negro que intemperizan a color gris claro, sin cámara magmática producidas por una subida rápida de magma, ocasionalmente se pueden observar cristales de olivinos.

### **Estratovolcán Coropuna**

La estructura del Estratovolcán Coropuna se encuentra en la parte sureste del cuadrángulo de Cotahuasi, extendiéndose mayormente por la parte noreste del cuadrángulo de Chuquibamba. La formación de la estructura de este volcán obedece obviamente a la sucesión de varios periodos de emisiones lávicas. En el área que compromete al cuadrángulo de Cotahuasi se han podido distinguir tres eventos de pulsaciones diferentes. La primera está constituida por facies lávicas que muestran regular recorrido (mayor fluidez), constituyendo la base de la estructura volcánica. Su litología esta definida por lavas andesíticas gris claras en superficie fresca y gris marrón en superficie intemperizada, son de textura afanítica y los minerales más importantes son plagioclasas, biotitas y algunos piroxenos y anfíboles presentes en pequeñas fracciones. La segunda fase, estaría constituida por lavas andesíticas gris claras de textura porfírica, grano medio a grueso, los fenos están constituidos principalmente por plagioclasas hornblenda y biotita. La tercera fase, está constituida por lavas gris oscuras a negras de textura afanítica y en parte ligeramente vesicular. Aparentemente podrían tratarse de traquiandesitas y por lo tanto correlacionable con el nivel N° 4 del volcán Firura equivalente al Grupo Andagua.

### **Estratovolcán Solimana**

El estratovolcán Solimana se encuentra en la parte suroeste del cuadrángulo de Cotahuasi y se extiende por la parte noroeste del cuadrángulo de Chuquibamba. En la parte que abarca el cuadrángulo de Cotahuasi se han podido distinguir dos fases. La primera está constituida por lavas andesíticas gris claras de textura porfírica de grano fino, ocasionalmente se encuentran fenocristales de tamaño grueso. Los minerales predominantes son las plagioclasas, biotita, hornblenda y augita. La segunda fase está constituida por lavas andesíticas de color gris ligeramente claro de textura porfírica, ligeramente fluidal. Los elementos minerales son plagioclasas, biotitas y hornblenda.

### **Complejo Volcánico Firura**

El complejo volcánico Firura, escapa al clásico sistema de estratovolcán, su desarrollo evolutivo se caracteriza por la migración de las diferentes pulsaciones (fases) eruptivas dentro de una área de 150 km<sup>2</sup> aproximadamente. Un análisis evolutivo genérico permite distinguir cinco eventos en el desarrollo del complejo volcánico Firura.

La primera pulsación parece haberse iniciado en el borde occidental del área comprometida, en esta parte es posible observar antiguas morfoestructuras semidestruidas por actividad erosiva ejercida por el cañón y por efectos glaciares. Estas estructuras habrían dado lugar a la emisión de lavas de regular fluidez que se extienden formando ligeras mesetas por largas distancias. Litológicamente estas lavas son de naturaleza andesítica de textura afanítica, de color gris claro a ligeramente azulado, ocasionalmente presentan cierta cantidad de vesículas como resultado de la lixiviación mineral. La segunda pulsación habría migrado hacia la parte central y este de la estructura. La litología está definida por lavas andesíticas gris claras en fractura fresca, son mayormente de textura afanítica con pequeña cantidad de fenocristales de grano fino. Los minerales observables son plagioclasas y augitas. La tercera pulsación se expone en la parte este de la estructura. Está constituida por lavas andesíticas gris claras a gris oscuras, la textura es porfírica y los minerales presentes están constituidos por plagioclasa, hornblenda y augita. La cuarta pulsa-

ción estaría representada por derrames lávicos que aún conservan su estructura de colada y se encuentran en la parte central de la estructura del Firura. Litológicamente se trata de lavas gris oscuras a negras, la textura es porfírica y los fenos principalmente plagioclasas. Particularmente son traquiandesitas equivalentes a un nivel inferior del Grupo Andagua. La quinta pulsación está definida por pequeños conos y domos colada constituidos por lavas escoriáceas gris oscuras a negras en superficie fresca y tonalidades de marrones y rojizas en superficie intemperizada, son traquiandesitas equivalentes a una fase, posiblemente, superior del Grupo Andagua.

### **Estratovolcanes Huajrahuire, Hatun Huaychahui**

Estos estratovolcanes alcanzan alturas que sobrepasan los 5 000 metros, afloran en el sector sur del cuadrángulo de Cayarani siendo el más representativo el Huajrahuire (Foto N° 15), también se tiene el complejo volcánico Seccha – Jatun Huaychahui, los cerros Ancojahua y Yana Yana, estos últimos están bien erosionados aunque conservan parcialmente su cráter, sus rangos petrográficos varían de andesitas porfíricas a andesitas basálticas, en algunos casos, como en el cerro Yana Yana sus lavas forman prismas hexagonales columnares, (Foto N° 16) que incluso descienden por los valles.

### **Grupo Andagua**

Cerrando la secuencia volcánica de la región se encuentran débiles pulsaciones magmáticas recientes, descritas como Grupo Andagua. Se trata de una gran cantidad de efusiones de lava derramadas en distintas direcciones y conos volcánicos monogénicos y monoácicos cuyas dimensiones no exceden los 150 metros de altura. Mayormente, estos materiales se encuentran rellenando una depresión tectónica orientada al NNO al sur del cuadrángulo de Orcopampa, la cual se bifurca al norte de la localidad de Andagua formado dos ramales principales de eyección bien definidos, una depresión en dirección a la localidad de Orcopampa y otra orientada en dirección a las lomas de Jochane. Erupciones aisladas ocurren también en otros puntos como por ejemplo los derrames lávicos de la localidades de Umachulco y Orcopampa, las

efusiones lávicas de la parte alta de la localidad de Chachas, los domos lava del cerro Antapuna (Foto N° 17), los derrames de los cerros Pumrangra y Coropuna ubicados en los límites norte y suroriental del cuadrángulo, entre otros.

Litológicamente, se caracterizan por presentar un color rojo ladrillo en superficie meteorizada y una textura sumamente porosa debido al escape violento de los gases durante su emisión, que posiblemente tuvo lugar a temperaturas muy elevadas, dando como resultado por enfriamiento rápido, pequeñas ondulaciones rugosas a manera de sogas (lavas cordadas o lavas pahoe-hoe), actualmente fracturadas, en cuerpos de diverso tamaño. Aparentemente la composición varía en cierta medida según la secuencia eruptiva, tal es el caso de la diferente morfología que presentan y los tipos de superficie que, en algunos casos, son sumamente escoriáceas. Una muestra de mano en superficie fresca presenta una coloración gris oscura a negra, el peso específico es sumamente bajo (livianas) y no es fácil diferenciar sus elementos constitutivos.

**Edad.** La datación K-Ar de una muestra en el valle de Andagua, cerca a la localidad del mismo nombre, arroja una edad de  $0,06 \pm 0,23$  Ma. Esta datación, las ubica dentro del Cuaternario reciente.

### **Formación Santo Tomás**

En el sector norte límite con el cuadrángulo de Santo Tomás, por la ruta Bellavista-Llique, debajo de las tobas Vilcarani aparecen flujos de lava andesítica basáltica de textura afanítica de color negro. Macroscópicamente no se observan minerales, son de color negro y muy ricos en vesículas.

En el sector sur de la hoja de Cayarani se encuentran depósitos lávicos de composición andesítica basáltica de color negro, textura afanítica y rico en vesículas que tienen una gran similitud en su dinamismo y composición con el vulcanismo lávico de Santo Tomás. Se trata de un centro volcánico ubicado al sur de la laguna Angostura que reposa sobre una planicie inclinada reciente, donde se observa que por sus características morfológicas, las lavas muestran un marcado estado de conservación.

## **Depósitos Clásticos Cuaternarios**

La zona de estudio se sitúa sobre la parte más elevada de la Cordillera Occidental que también es divisoria de aguas; de su flanco SO nace un drenaje hacia el río Cotahuasi que fluye hacia el Pacífico y de su flanco NE el drenaje va hacia el río Apurímac que fluye hacia el Atlántico. Otros aspectos importantes son las altitudes que van de 4 000 a más de 5 000 msnm de tal manera que esta zona ha sido objeto de erosión tanto por glaciares como por aguas de escorrentías que han dejado una serie de depósitos:

### **Depósitos Murrénicos y Fluvioglaciares**

Están constituidos por materiales resultantes de la destrucción mecánica de las rocas por el glaciar en movimiento y por materiales sueltos provenientes de las laderas montañosas. De acuerdo a la posición en que se encuentran es posible observar morrenas laterales, terminales y basales. Las morrenas laterales son las de mayor predominio, su desarrollo es más expresivo en valles que se extienden por tramos cortos. La difusión de las morrenas terminales y basales es menos significativa, se presentan mayormente en las partes bajas como fiel testimonio de una prolongada detención o retiro del glaciar y con morfologías no muy bien definidas principalmente por efectos de erosión; se cita como ejemplo las morrenas terminales del lado oriental del estratovolcán Solimana (Foto N° 18).

Los depósitos fluvioglaciares se distribuyen tanto en las partes altas como en los sitios bajos principalmente de suave relieve, se encuentran como pequeñas cubiertas y abanicos de aluvión fluvioglacial, resultantes del acarreo y acción acumulativa que ha ejercido la fuerte energía cinética de las aguas de fusión glaciar sobre las morrenas terminales mayormente (de aquí que estos depósitos son escasos). Están constituidos por arenas, gravas y guijarros de naturaleza volcánica, principalmente subangulares.

En el cuadrángulo de Chulca los depósitos más importantes se encuentran en una depresión entre la laguna de Huacullo y la Laguna de Huanzo así también en algunas quebradas como Uquitacra,

Ayaquilla, Chinchahuayjo. El grosor de estos depósitos pasa de 100 m; esta compuesto por bloques, clastos y gravas subangulosas, en su mayoría de litología volcánica, todos estos elementos se hallan englobados en una matriz de arena fina limosa tobácea, estos se encuentran en el fondo de los valles, y también formando planicies.

En el cuadrángulo de Cayarani los depósitos más importantes se encuentran en la falda noreste del nevado Huajrahuire conformando planicies, otros depósitos se encuentran en la esquina noroeste del este cuadrángulo.

### **Depósitos de Flujos de Lodo y Aluviales**

Rellenando principalmente el valle del cañón de Cotahuasi y valles aledaños, así como indistintamente algunas partes de los flancos del mismo, se encuentran una serie de depósitos de flujos de lodo. Estos materiales están constituidos por la facies terrígena pobremente clasificada que fueron arrastradas por flujos de agua que comprometieron mayormente la poca consistencia de la facies tobácea de la Formación Alpbamba (Foto N° 19).

Sobreyaciendo a las unidades volcánicas en forma aislada, se encuentra una variedad de depósitos clásticos cuaternarios, los cuales, litológicamente no han sido estudiados en detalle en el presente trabajo. Están constituidos por depósitos clásticos depositados principalmente por acción de las corrientes permanentes (ríos) y por las corrientes temporales de montaña (se incluye en estos depósitos, los clastos resultantes de la alteración "in situ" como los conos de escombros). Se acumulan mayormente en los fondos de los valles formando verdaderas "llanuras aluviofluviales" y en los cambios de pendiente de las laderas, como "conos aluviales" o "conos de deyección". Están constituidos por conglomerados, gravas, arenas y arcillas débilmente consolidados y parcialmente ordenados en una pobre estratificación alcanzando dimensiones entre 1 y más de 2 metros de grosor. Dadas sus características texturales, presentan altos valores de porosidad y permeabilidad, constituyéndose en importantes receptáculos de agua y por lo tanto, en importantes centros de vegetación (bofedales), útiles para el pastoreo de los rebaños del lugar.

En los cuadrángulos de Chulca y Cayarani estos depósitos se encuentran en los fondos de las quebradas y valles, son productos de la erosión ocasionados por las aguas de escorrentía, fusión glaciaria y aguas meteóricas. Estos materiales fueron depositados formando terrazas a lo largo y en las márgenes de los cauces de los ríos. En su mayor parte están constituidos por bloques cantos y gravas subredondeadas en una matriz arenosa.

## **Rocas Intrusivas**

### **Complejo Cotahuasi**

Son dos intrusiones de regular dimensión que afloran a lo largo del cañón del río Cotahuasi: una aflora al norte del paraje de la catarata de Sipia (cerro Yuca) y la otra se observa inmediatamente al noreste de la localidad de Alca (cerro Tarcanya).

El afloramiento del cerro Yuca, es de composición cuarzo latita y se encuentra intruyendo a las calizas de la Formación Arcurquina y está cubierto por la facies piroclástica de la Formación Alpbamba. Por meteorización, la roca muestra una coloración gris blanquecina y en superficie fresca, la coloración varía desde el gris claro, gris verdoso a gris rosáceo; presenta una textura de grano fino y está constituida por plagioclasa, cuarzo, biotita y hornblenda que por lo general, se presentan en cristales verdosos de 2 a 5 mm de largo. Ocasionalmente incluyen xenolitos verdosos.

El afloramiento del cerro Tarcanya se encuentra cubierto por las facies volcánicas del Grupo Tacaza y la Formación Alpbamba. Litológicamente, se trata de una diorita gris clara a gris verdosa y en su composición, destacan la plagioclasa, el cuarzo, la hornblenda y la augita.

Edad.- Una datación radiométrica efectuada por JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY, (1986) en una muestra obtenida en el afloramiento de la localidad de Alca, arroja una edad de  $53,7 \pm 2,7$  Ma. Esta datación permite asignar a estos afloramientos al Paleoceno tardío o principios del Eoceno.

### **Complejo Salamanca**

El Complejo Salamanca está definido por una serie de intrusiones que afloran en la localidad de



Salamanca (extremo suroeste del cuadrángulo de Cotahuasi y parte superior del río Arma) y se extienden hacia el extremo noroeste del cuadrángulo de Chuquibamba

La litología de estas intrusiones varía entre granodioritas y tonalitas y se encuentran cubiertas en discordancia por la facies piroclástica de la Formación Alpabamba, sus relaciones inferiores no son observables. Una muestra recogida en la localidad de Salamanca, presenta una coloración que varía de gris claro a gris verdoso, su textura es de grano grueso y su composición es de plagioclasa, cuarzo, ortosa y hornblenda.

Edad.- La datación efectuada por WEIBEL, M. & ZSOLT, F., (1977) de una muestra obtenida en los alrededores de la localidad de Salamanca, reporta una edad de 97, 4 Ma. Esta datación, ubicaría a estos afloramientos en el Cretáceo superior

### **Complejo Chachas**

Conjunto de intrusiones que afloran en el extremo sur del cuadrángulo de Orcopampa. Generalmente son reconocidas en las labores de las minas Chachas y Shila ubicadas en la localidad de Chachas y al NE de la misma respectivamente.

Litológicamente está constituido mayormente, por una serie de intrusiones de naturaleza diorítica variando a tonalita y granodiorita. Una muestra recogida en la mina Sando Alcalde (yacimiento minero Shila), muestra una coloración gris verdosa y textura de grano grueso.

La morfología de estas intrusiones varía desde cuerpos irregulares hasta diques o sills de diferente dimensión, se encuentran instruyendo a facies sedimentarias del Grupo Yura y a los aglomerados del Miembro Santa Rosa (Grupo Tacaza). Aparentemente, la mineralización de las minas Chachas y Shila están relacionadas con estas intrusiones.

Edad.- No existen dataciones radiométricas de estos afloramientos, sin embargo, si se considera que estos cuerpos son responsables de la mineralización de la mina Shila, podría asignárseles una edad comprendida entre 10,3 y 8,6 Ma, edad de la mineralización de este yacimiento comprendido dentro del Mioceno superior.

### **Complejo Chillacancha**

Se ubica en la esquina noreste del cuadrángulo de Cayarani, los mejores afloramientos se encuentran en los cortes de la carretera que conduce de Esquina a Santo Tomás, se trata de intrusivos cuyos rangos petrográficos varían desde gabros hasta tonalitas.

En la falda este del cerro Sayhua, aflora un cuerpo diorítico de grano grueso y color oscuro con textura holocristalina, contiene cristales de plagioclasa. Esta facies continúa a lo largo de la carretera hasta el cerro Quimsacancha donde cambia su facies a una roca clara bien expuesta en la quebrada Queuñamayo de una tonalita de grano grueso holocristalina con visibles cristales de plagioclasa y hornblendas.

### **Unidades Subvolcánicas**

Las facies subvolcánicas se encuentran principalmente en el cuadrángulo de Orcopampa, en el cuadrángulo de Cotahuasi la presencia de éstas es muy puntual.

Estas facies se presentan generalmente como cuerpos intrusivos adoptando morfologías que varían entre domos, cuellos y domos-colada. Aparentemente el emplazamiento de estos cuerpos parece haberse efectuado entre el Mioceno temprano y el Plioceno. Las intrusiones más antiguas (Mioceno temprano) se habrían emplazado inmediatamente después del emplazamiento de las facies volcánicas del Grupo Tacaza y son generalmente, de composición dacítica y Andesítica; las intrusiones más jóvenes (Plioceno) son de composición riolítica y riódacítica y se habrían emplazado inmediatamente después de haberse efectuado la primera fase del volcanismo Barroso. Desde el punto de vista económico, las primeras parecen ser responsables de la mineralización metálica de los diferentes yacimientos de oro y plata presentes en la región, en tanto que las segundas parecen no guardar relación con la mineralización (estériles). A continuación, se describen brevemente a estas facies subvolcánicas en una serie de complejos descritos provisionalmente con relación a su agrupamiento espacial.

## Complejo Sarpane

Conjunto de cuerpos subvolcánicos mayormente de formas no muy bien definidas y muchos no cartografiados a la escala empleada, se encuentran en los cerros ubicados en los alrededores de la localidad de Orcopampa (parte central del cuadrángulo de Orcopampa). El afloramiento típico se encuentra en el cerro Sarpane (NE de Orcopampa), son importantes también los afloramientos ubicados en los cerros Pucará, Chilcane (alrededores de Chilcaymarca), Huancarama (norte de Orcopampa), Huichinca (Foto N° 20), entre otros, así mismo, son incluidos en este complejo los diques y lavas de las minas Tudela, Manto, Santa Rosa, Calera, Santiago, entre otros.

Litológicamente está constituido en su mayoría, por pequeños cuerpos de dacita, latita cuarzo y andesitas, se presentan como cuerpos dómicos o como coladas comprometiendo a las facies de los miembros Pisaca y Manto. Por lo general, las dacitas son verdes grisáceas en fractura fresca, por meteorización presentan un color blanco pardusco a amarillento. La textura es porfirítica, a la vista se reconocen fenos subhedrales de plagioclasas con dimensiones que varían de 1,3 a 3,2 mm, presenta granos de cuarzo hialino con bordes corroídos y pequeñas diseminaciones de piritita; todos englobados por una matriz microgranular homogénea. El análisis microscópico de una muestra de dacita obtenida en la mina manto reporta lo siguiente:

Color: Gris verdoso

Estado de conservación: Mayormente fresco

Grano: Parcialmente fanerítico

Estructura: Masiva

Textura : Porfirítica

Minerales: Feldespato, cuarzo, clorita, epidota y piritita.

Una muestra obtenida en el cerro Sarpane (andesita Sarpane), muestra una textura algo porfirítica, mineralógicamente está constituida por plagioclasa andesina 25 %, hornblenda 10%, biotita 3%; presenta algo de cuarzo en algunas zonas en forma de inclusiones acompañadas por pequeños fragmentos de roca. Esta roca se presenta, en el

área de estudio, como un domo volcánico en estructura de flujo bien definida, también como diques y sills, son de composición dacítica a andesítica.

Edad.- Dos edades radiométricas K-Ar efectuadas en estos cuerpos reportan una antigüedad comprendida entre los  $20,35 \pm 0,55$  y  $18,3 \pm 0,6$  Ma (muestras N° 28 y 16 del plano geológico). Se encuentran cortando a los miembros Pisaca, Manto y Santa rosa (Grupo Tacaza) y se les asigna una edad correspondiente al Mioceno inferior.

## Complejo Humachulco

Serie de intrusiones que se encuentran al NE de la localidad de Humachulco, precisamente en el cerro Pampa Jache y los caseríos Collpa y Jullucasa ubicados en el cuadrángulo de Orcopampa. A diferencia del Complejo Sarpane, el área de influencia de estas intrusiones es de menor dimensión.

Litológicamente está constituido principalmente, por cuerpos dacíticos que se encuentran intruyendo a la facies del Miembro Santa Rosa. Las dacitas presentan igualmente una coloración gris verdosa, la textura es porfirítica de grano grueso, los fenos más importantes son cuarzo y feldespatos bien desarrollados, seguidos por los fenos de hornblenda y biotita en menor proporción.

Edad.- No se cuenta con edades radiométricas, pero no obstante, se asume que sean de la misma edad que las intrusiones del complejo Sarpane, es decir, del Mioceno inferior.

## Complejo Pampamarca

Conjunto de intrusiones pequeñas de composición andesítica que afloran mayormente, en las localidades de Pampamarca y Taurisma ubicadas en el cuadrángulo de Cotahuasi. Estos cuerpos se encuentran intruyendo a las calizas de la Formación Arcurquina y a rocas volcánicas del Grupo Tacaza (Miembro Santa Rosa).

Litológicamente, estas andesitas son gris verdosas y en su composición toman parte fenocristales de plagioclasa, augita y hornblenda, las cuales, se encuentran en una matriz de plagioclasa. Principalmente, la andesita de la localidad de Taurisma muestra alteración tipo cloritización y sericitización (OLCHAUSKI, E. y DÁVILA, D., 1994).

Edad.- No se cuenta con dataciones radiométricas que precisen la edad de estas andesitas; sin embargo, por la composición y sus relaciones de posición muy parecidas a las intrusiones subvolcánicas más antiguas que afectan a las rocas volcánicas del Grupo Tacaza (Complejo Sarpane), se les puede atribuir una edad correspondiente al Mioceno inferior.

### Complejo Chinchón

Conjunto de brechas y cuerpos de dacita que se encuentran intruyendo a las facies del Grupo Tacaza (Miembro Santa Rosa) en los alrededores del cerro Chinchón (Foto N° 21), ubicado al sureste del yacimiento minero de Orcopampa o al noroeste del yacimiento minero Shila (cuadrángulo de Orcopampa).

Definido por SWANSON, E.; NOBLE C. y otros (2001) como materiales correspondientes a una caldera denominada Caldera Chinchón. En el presente trabajo se ha tomado este concepto con mucha reserva debido a que no se han encontrado las características geológicas (particularmente estructurales) determinantes como para su caracterización como tal; por el contrario se asume que se trata de un cuello o cuellos de Chimenea volcánica.

El afloramiento de este complejo se encuentra en la parte más alta de la cadena de cerros que se ubican en este lugar, tiene una forma más o menos circular y de lejos muestra tonalidades claras que varían desde el blanco amarillento, blanco verdoso, hasta el blanco violáceo y ligeramente rojizo. La litología de este complejo, está definida por brechas y cuerpos de dacita principalmente. El proceso de emplazamiento parece haberse iniciado con la expulsión de tobas y brechas tobáceas gris claras en superficie fresca y de tonalidades marrón amarillento por meteorización, estas facies se encuentran en los cerros Solimana ubicado al NE de la planta metalúrgica de la mina Shila y en el flanco este del cerro Huamangore ubicado al este de la mina Orcopampa. Luego se habrían emplazado brechas de flujo que comprometen la mayor extensión del afloramiento, estas brechas se disponen en sucesión de varias etapas y particularmente su composición está definida por clastos de litologías múltiples y una matriz lávica de naturaleza

andesítica con ligero tránsito a dacitas. Los clastos están constituidos mayormente por fragmentos y bloques correspondientes a los miembros Manto y Santa Rosa del Grupo Tacaza, así como por bloques de deslizamiento de más de 100 m correspondientes a cuarcitas (Formación Hualhuani) del Grupo Yura. El proceso estaría terminando con el emplazamiento de facies lávicas de naturaleza dacítica, estas dacitas muestran la topografía más agreste y elevada de la zona (aguja o puntones más prominentes) y se encuentran instruyendo a su vez a las brechas de flujo.

Edad.- Seis dataciones radiométricas K-Ar pueden precisar la edad de este complejo. Cuatro dataciones le asignan a la brecha una edad comprendida entre los  $12,7 \pm 0,4$  y  $10,8 \pm 0,4$  Ma y dos dataciones le asignan a las intrusiones dacíticas una edad comprendida entre los  $7,7 \pm 0,2$  y  $6,5 \pm 0,2$  Ma (SWANSON, E., 2001). En definitiva, estas dataciones estarían otorgando a este complejo una edad correspondiente al Mioceno medio-superior.

### Complejo Challahuire

Conjunto de domos lava que se distribuyen en forma de semiarco en la parte este y norte del cuadrángulo de Orcopampa. El afloramiento típico se encuentra en el cerro Challahuire.

Tienen una morfología característica de domo colada y litológicamente están constituidos por lavas riolíticas y riodacíticas. En los domos colada ubicados en la parte sur del complejo, se puede observar que en la base de éstos se presentan brechas riodacíticas y hacia la parte superior el material se hace riolítico. Son cuerpos relativamente pequeños con dimensiones mensurables en la escala métrica.

Edad.- Una datación radiométrica K-Ar efectuada en el cerro Challahuire, reporta una edad de  $5,9 \pm 0,2$  Ma. Esta edad del Mioceno superior-Plioceno y la relación de posición sobre las lavas andesíticas del nivel inferior del Grupo Barroso (Barroso inferior), tal como se puede observar en la laguna de Corcocha, permiten indicar que estos cuerpos subvolcánicos se habrían emplazado como una fase intermedia del proceso eruptivo del volcanismo Barroso y serían equivalentes a la facies

piroclástica del Miembro Arma que, como se ha señalado anteriormente, constituye la plataforma piroclástica sobre la cual se han edificado las estructuras volcánicas Coropuna, Solimana y Firura.

### **Complejo de Pichacani**

En la parte central del borde este del cuadrángulo de Chulca, en los alrededores de Pichacani afloran 2 pequeños stocks de pórfido andesítico de color gris claro y grano medio en la que son visibles cristales euhedrales de plagioclasas, hornblendas y biotitas, en una matriz afanítica. También en las nacientes de la quebrada Millocahua, se presenta un cuerpo dacítico gris claro de grano medio conteniendo cristales de

plagioclasas, con cuarzo y biotitas alteradas a clorita.

### **Complejo Senjapalla**

El afloramiento más característico se ubica entre la quebrada Pucará y río Huarajo hasta los alrededores del caserío de Huataca, se encuentra bien expuesto sobre la carretera Senjapalla Huataca. Es un cuerpo subvolcánico andesítico de forma alargada de color claro con textura media, su mineralogía está constituida por cristales de plagioclasas y cuarzo donde son visibles agujas de anfíboles.



# Geología Estructural

## Generalidades

Los mayores efectos tectónicos se presentan en las facies sedimentarias mesozoicas, por el contrario, no existen evidencias de mayores efectos que hayan comprometido a la secuencia volcánica. En las facies sedimentarias los rasgos estructurales mayores están representadas por fallas y plegamientos moderadamente apretados con orientación andina. En las rocas volcánicas las estructuras están definidas por cambios de buzamiento que indican pliegues de amplio radio de curvatura afectados por fallas normales que siguen una dirección andina y antiandina, estas estructuras son observables principalmente en rocas del Grupo Tacaza. (Fig. N° 10)

## Geología Estructural de Orcopampa y Cotahuasi

Por las características antes señaladas es posible deducir que la estructura geológica del área, estaría definida por tres grandes niveles estructurales con litología y grado de formación distinta:

- Se infiere un zócalo paleozoico y/o cratónico rígido, sobre el cual, reposa la secuencia sedimentaria (Jurásico) y volcánica (Terciario-cuaternaria) descrita, cuya reacción ante las deformaciones andinas, fue probablemente de mayor estabilidad.
- Se observa una secuencia sedimentaria areno-lutácea del Jurásico superior-Albiano bastante plástica, plegada y fallada por una tectónica superficial (fases Peruana e Incaica), posiblemente con un despegue a manera de escama del zócalo rígido.
- Finalmente, se advierte un manto grueso compacto (Terciario-Cuaternario) de naturaleza volcánica que rellena una topografía irregular y se muestra afectado por una deformación sencilla, cuyos mayores efectos, se muestran principalmente en una tectónica de fractura y cambios de buzamiento que indican pliegues de amplio radio de curvatura.



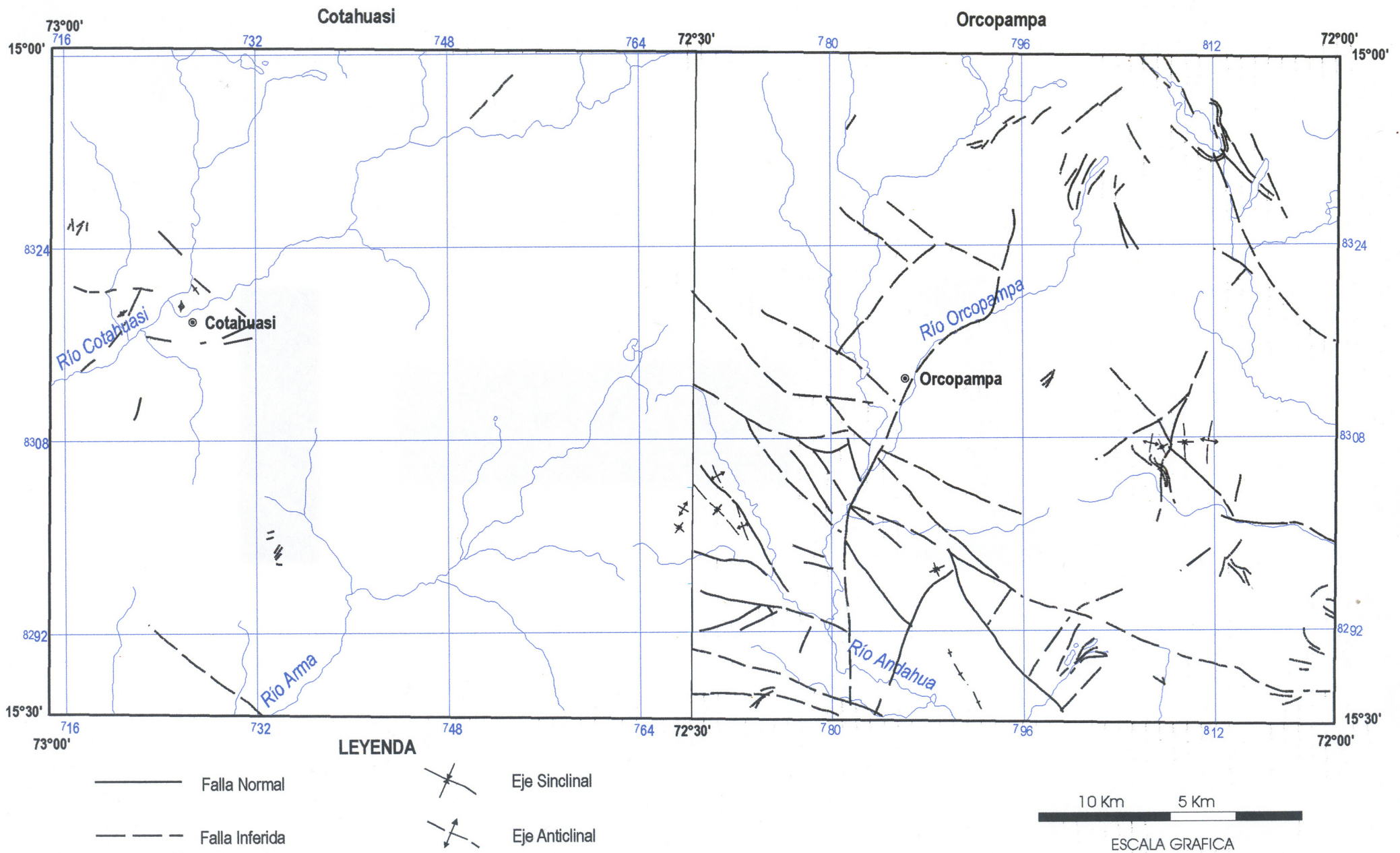


Fig. N° 10 Mapa Estructural

## Dislocaciones

Dos estilos de dislocación esencialmente distintos, configuran el diseño estructural que expone el área estudiada:

Plegamientos de dirección NO-SE de edad del Cretáceo terminal u Oligoceno.

Fallas orientadas en dos direcciones: de NO a SE y de NE a SO, del Mioceno medio a superior. Las fallas que desplazan estructuras mineralizadas son consideradas de edad pliocénica.

## Dislocaciones de Plegamiento

El mayor rasgo de plegamiento definido que se observa, se muestran en las facies sedimentarias mesozoicas correspondientes al Grupo Yura y formaciones Murco y Arcurquina. Entre las estructuras más importantes relacionadas con este tipo de dislocamiento, se encuentran lo siguiente:

### Sinclinal Chachas

Esta estructura está formada exclusivamente por rocas de las formaciones Puente, Cachios y Labra del Grupo Yura. Se encuentra al oeste del pueblo de Chachas (parte sur del cuadrángulo de Orcopampa), su eje tiene una orientación N 45° O y sus flancos presentan buzamientos un tanto diferentes, el flanco occidental presenta buzamientos entre 15° y 20° NE en tanto que el flanco este presenta buzamientos entre 35° y 45° SO. Es un sinclinal relativamente abierto y cubierto en gran parte por rocas volcánicas correspondientes al Grupo Barroso.

### Sinclinal y anticlinales Panahua

Son tres pequeñas estructuras formadas por rocas de la Formación Murco y la Formación Arcurquina del Grupo Yura, se encuentran en los alrededores de la localidad de Panahua (mitad sur del cuadrángulo de Orcopampa). Los ejes de estas estructuras tienen una orientación promedio de N 45° O y sus flancos correspondientes presentan buzamientos promedio de 25°. Son plegamientos muy ligeramente apretados

### Anticlinal Palcuyo

Al igual que en el caso anterior, esta estructura está formada por rocas del Grupo Yura, Forma-

ción Murco y Formación Arcurquina, se encuentra en las proximidades del poblado de Palcuyo (margen suroccidental del cuadrángulo de Orcopampa). El eje de esta estructura tiene una orientación N 30° O y sus flancos presentan buzamientos fuertes hasta de 30° al NE y SO respectivamente, es un anticlinal ligeramente cerrado y cubierto parcialmente por rocas del Grupo Tacaza y la Formación Alpacabamba.

### Sistema de plegamientos Chapacoco.

Estas estructuras se encuentran formadas en las rocas del Grupo Yura (formaciones Labra y Hualhuani) y la Formación Murco. Se desarrollan en los alrededores del poblado Chapacoco ubicado al sur de localidad de Chilcaymarca. Los ejes de estas estructuras tienen una orientación promedio N 40° O, las fallas presentan buzamientos promedio de 40° SO y los plegamientos presentan sus flancos más o menos cerrados con buzamientos que van desde los 30° hasta los 75°. Estas estructuras se encuentran cubiertas por la facies ignimbrítica del Miembro Manto (Grupo Tacaza).

## Dislocaciones de Ruptura

Las, dislocaciones de ruptura son igualmente importantes tanto en las facies sedimentarias como en las rocas volcánicas. Las trazas presentes en superficie están señaladas por escarpas que muestran trituraciones (brechamiento), estriaciones y laminaciones de las rocas en los labios de falla y en algunos casos, por notables surcos de erosión que siguen trazos rectilíneos. De acuerdo al eje principal de deformación de los Andes pueden agruparse en fallas longitudinales y transversales.

### Fallas longitudinales

Estas fallas tienen un rumbo promedio N 50° O, siguen la dirección del eje principal de deformación andina, son perfectamente observables en tramos cortos, la interpretación fotogeológica indica que pueden seguirse por tramos apreciables determinándose así su carácter en cierta medida regional.

### A) Sistema de fallas Chapacoco

Estas fallas se encuentran afectando juntamente con una serie de plegamientos a las rocas del Grupo Yura en los alrededores del poblado de

Chapacoco (sur de la localidad de Chilcaymarca). Son fallas normales con una orientación promedio N 40° O y presentan buzamientos promedio de 40° SO.

### **B) Falla Umachulco**

Se encuentra en los alrededores de las localidades de Umachulco y Misahuanca, tiene un rumbo promedio N 33° O y un buzamiento hacia el este; se le ha clasificado como falla normal donde se alinean los volcanes Ayaccasa y Huilluco.

### **Fallas transversales**

Son fallas normales de trazos no muy extensos (escala métrica) y están orientadas con un rumbo promedio N 45° E mostrando buzamientos fuertes (60°-80°) predominantemente al SE. Varias fallas alineadas en un sistema paralelo y perpendicular al sistema andino, se definen principalmente en los asientos mineros de Orcopampa y Shila. Son dislocaciones aparentemente resultantes de esfuerzos secundarios al esfuerzo principal que originó el fracturamiento longitudinal durante el Mioceno medio posiblemente. Entre las más importantes que pertenecen a este sistema se encuentran las fallas Huancarama y Huilluco.

### **A) Falla Huancarama**

Pasa por la localidad del mismo nombre con un rumbo aproximado N 49° E y un buzamiento subvertical, se le ha clasificado como una falla normal, su longitud reconocida es de 15 km aproximadamente; se alinean a ella los volcanes Ayaccasa, Yana Mauras y Huaylla Huaylla.

### **B) Falla Huilluco**

Esta falla pasa cerca de la localidad de Misahuanca, tiene un rumbo aproximado de N43° E, su buzamiento también es subvertical irregular, se le ha clasificado como falla normal. En ella se alinean los volcanes Huilluco y Challhua.

Se les ha clasificado también como fallas normales menores (locales) formadas por esfuerzos tensionales, se encuentran las siguientes:

### **C) Falla San Sixto**

En ésta se emplaza la veta del mismo nombre, tiene rumbo aproximado N 22° E y un buza-

miento 82° NO que pone en contacto a los miembros Santa Rosa y Pisaca, se le ha clasificado como una falla normal. Su trazo ha sido reconocido en 1 300 m de longitud aproximadamente.

### **D) Falla Santa Rosa**

En ella se emplaza la veta del mismo nombre, su rumbo promedio es N 58° E y su buzamiento 65° NO, se le ha clasificado como falla normal. Ha sido reconocida en 1 200 m de longitud aproximadamente.

### **E) Falla Santiago**

En esta misma falla se emplaza la veta Santiago Este con rumbo aproximado N 85° E y buzamiento 68° SE. Cerca de la intersección de Santiago Este con la falla San Sixto, aflora Santiago Norte al piso de la estructura principal, con rumbo promedio N 60° E y buzamiento 70°-85° SE. A partir de la coordenada N308 178 – E790 355, se divide en dos ramales, de los cuales en el sur (Split) posee el mismo rumbo de Santiago Norte, siendo el buzamiento de mayor grado 85°-90° SE. Al sur de Santiago Este se presenta el ramal (veta "2"), con rumbo promedio N 70° E y 60° SE de buzamiento. A todas estas fallas también se les ha clasificado como normales.

### **F) Falla Cóndor**

Esta falla tiene rumbo casi similar al de Santiago Norte N 65°-60° E y buzamiento 82° SE aproximadamente, se comporta como contacto entre el Miembro Manto al norte y el Miembro Santa Rosa al sur, se le clasifica también como falla normal. Ha sido reconocida en 800 m de longitud aproximadamente.

### **G) Falla Magali**

Se le ha determinado un rumbo N 45°-50° E y un buzamiento aproximado de 65°-75° SE, en esta falla se emplaza la veta del mismo nombre con una longitud de 200 m aproximadamente, al igual que las anteriores fallas, es de tipo normal.

### **H) Falla Rayo**

En esta falla se emplaza la veta del mismo nombre, posee un rumbo promedio N 40° E y un buzamiento aproximado de 50° SE, se le ha clasifi-

cado como una falla normal y ha sido reconocida en 420 m de longitud.

## **Cuadrángulos de Chulca y Cayarani**

En los cuadrángulos de Chulca y Cayarani (Fig. N° 11,12) afloran rocas de edad cenozoica las cuales presentan una deformación muy leve. Las rocas del Mesozoico afloran en pequeña extensión en el norte del cuadrángulo de Chulca donde se observa una deformación más importante.

### **Pliegues**

Una serie de sinclinales y anticlinales se presentan en las rocas mesozoicas, son pliegues apretados con flancos que buzando entre 40° y 70°, la dirección de los ejes varían de N 120° E a N 140° E y pasan a N 160° E en los afloramientos del río Parco.

### **Fallas**

Se distinguen dos sistemas.

#### **Sistema de fallas NO-SE**

A este sistema de tipo normal pertenece la falla Collapalla que atraviesa el cuadrángulo de Cayarani con una dirección N 140° E. Esta falla está asociada a 2 fallas rectilíneas (Caccansa y Pampahuasi) que indican que el plano de falla es subvertical; a este mismo sistema pertenece el sistema de fallas de Huanzo que con una dirección N 150° E a N 130° E cruza la esquina NE del cuadrángulo de Chulca.

Estas fallas concuerdan con la dirección Andina en general por lo que corresponden a movimientos de bloques del basamento prevulcanismo cenozoico de las rocas sedimentarias del Mesozoico.

#### **Sistema de fallas NE-SO**

Estas fallas son de menor extensión y menos evidentes de tipo normal y buzamiento subvertical de formación posterior al sistema anterior.

A este sistema pertenecen las fallas Chumille, situada al NO de la mina Arcata (cuadrángulo de Cayarani), las fallas de la laguna Ecma y las situadas en la parte norte del cuadrángulo de Chulca.

## **Tectónica**

En la zona de estudio se presentan afloramientos de rocas mesozoicas en la parte norte del cuadrángulo de Chulca los cuales son continuación de amplios afloramientos del cuadrángulo de Antabamba.

La mayor parte de las rocas que afloran son volcánicas del Cenozoico. En estos materiales se han registrado deformaciones de diferente intensidad.

### **Fase Peruana del Cretáceo superior**

Las rocas mesozoicas que afloran en el área de estudio corresponden a la Formación Socosani, Grupo Yura y las formaciones Murco y Arcurquina, están afectadas por un plegamiento apretado que da lugar a sinclinales y anticlinales isópacos; los flancos tienen buzamientos de más de 40° a vertical, la dirección NO SO de estas estructuras concuerdan con la dirección regional de los Andes. Esta fase es seguida de un magmatismo en el Paleoceno Eoceno-Oligoceno. Después de esta deformación, el área de estudio debió estar sometida a una fuerte erosión, pues faltan unidades estratigráficas del Cretáceo superior y Paleógeno.

### **Fase Quechua 1**

Del Mioceno inferior no existen materiales afectados por esta deformación, sin embargo la discordancia angular entre el Grupo Tacaza y las rocas mesozoicas es testimonio de una erosión intensa que habría acompañado a esta fase.

### **Fase Quechua 2**

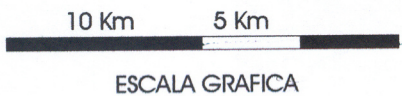
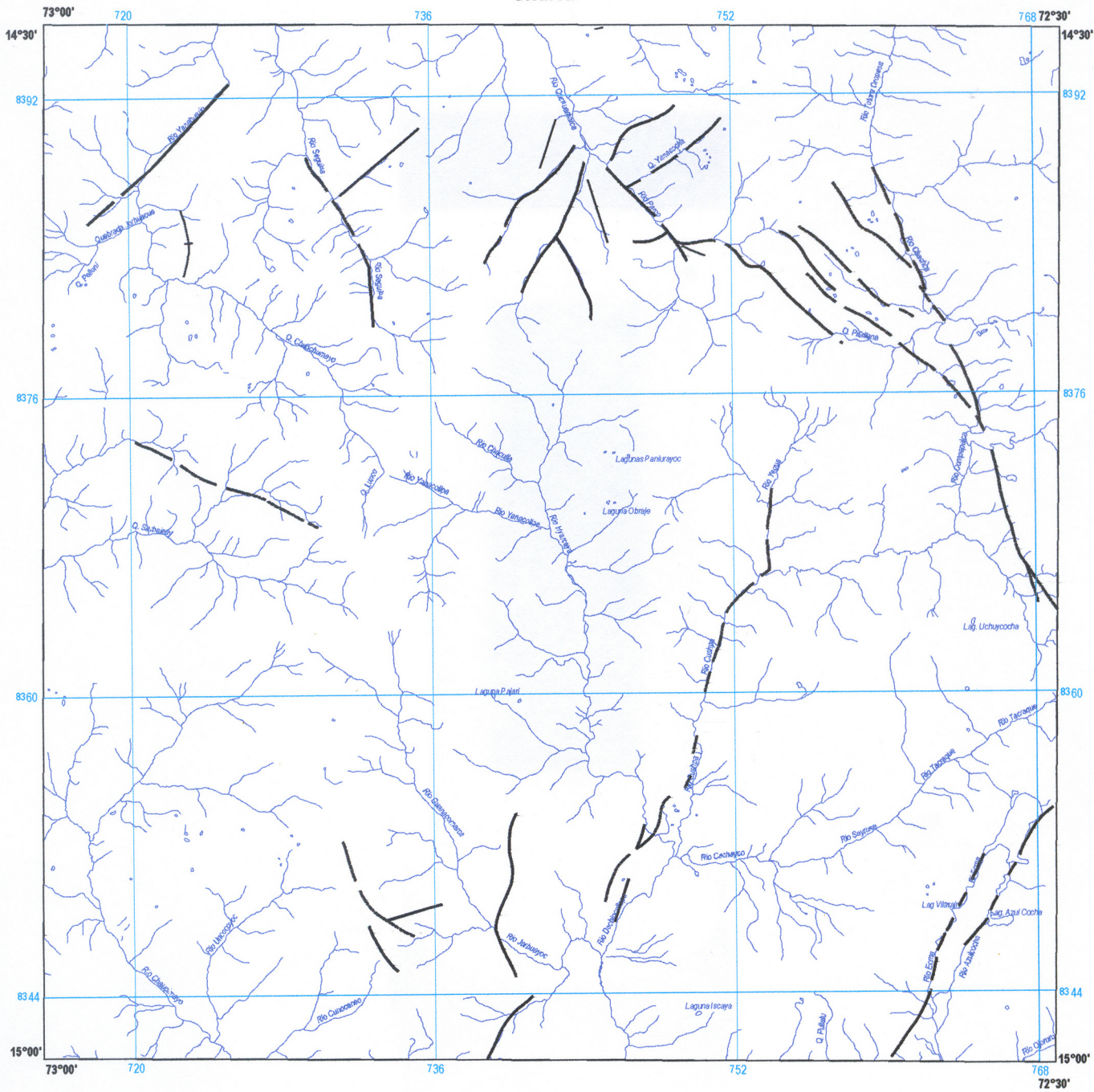
Esta fase funciona en el Mioceno; después de la erosión Post-Mesozoica se produce un volcanismo intenso y de gran extensión en el sur del Perú (el Grupo Tacaza). Esta unidad se encuentra afectada por un plegamiento algo abierto con anticlinales y sinclinales cuyos flancos buzando entre 20° y 30°, este plegamiento es seguido de una erosión que forma un paleorelieve sobre el que se deposita la Formación Alpbamba.

### **Fase Quechua 3**

Mioceno superior o finimioceno; sobre el paleorelieve dejado por la anterior fase se emplaza un volcanismo de tipo explosivo de la Formación



Chulca



Simbolos

- Falla normal
- Falla Invertida
- Sinclinal
- Anticlinal

Fig. N° 11 Mapa Estructural







Alpabamba, se depositan tobas y brechas piroclásticas, las cuales son erosionadas y redepositadas en cuencas sedimentarias como la Formación Aniso. Las formaciones Alpabamba y Aniso se encuentran en concordancia y afectadas por un plegamiento suave muy abierto con buzamientos de 15° a 10°. Esta fase es seguida de un magmatismo de tipo subvolcánico que emplaza algunos pórfidos andesíticos como los del borde central este del cuadrángulo de Chulca. Termina esta fase con la formación de una superficie de erosión sobre la que se deposita el Grupo Barroso.

### **Serie Pliocena-Pleistocena**

Durante la Serie Pliocena-Pleistocena la zona de estudio habría estado afectada esencialmente por una distensión la cual, permite la salida de un

volcanismo explosivo al comienzo y después lávico, se forma una serie de aparatos volcánicos. Durante este volcanismo se produce un fuerte hidrotermalismo que afecta a las unidades infrayacentes como el Grupo Tacaza y Formación Alpabamba. En el área de estudio se presentan grandes zonas hidrotermalizadas como la cordillera de Huanzo situada en los límites de los cuadrángulos de Chulca y Cayarani, en la misma se emplazan una serie de vetas con mineralización de oro y plata.

El yacimiento más importante lo constituye la mina Arcata (cuadrángulo de Cayarani) la cual tiene una importante producción de plata.

# Geología Económica

## Generalidades

La economía de la región, se asocia básicamente con la existencia de recursos naturales relacionados con la minería, principalmente en el cuadrángulo de Orcopampa se encuentran tres yacimientos en explotación (Orcopampa, Shila y Ares) y entre el cuadrángulo de Orcopampa y Cotahuasi, existen una serie de prospectos explorados y algunos en actual exploración. La explotación de los yacimientos actuales se remonta mayormente, a tiempos coloniales. Los yacimientos más importantes son los siguientes:

## Mineralización Metálica

### Yacimiento Minero de Orcopampa

#### Ubicación

El yacimiento minero de Orcopampa, se encuentra ubicado en los alrededores de la localidad del mismo nombre. Su desarrollo marca su inicio en la época colonial, principalmente con una metodología que planteó la selección de las zonas ricas de los rajos (clavos) especialmente en la zona de oxidación y cementación superior (por encima del nivel freático)

#### Mineralización

La mineralización, es de origen hidrotermal del tipo de relleno de fracturas y está asociada con los aglomerados y lavas andesíticas del Grupo Tacaza (miembros Pisaca y Manto) y se encuentra repartida en un sistema de fallas pequeñas orientadas de NE a SO (fallas perpendiculares a la dirección general de las estructuras andinas). Son vetas de cuarzo y rodonita con minerales de plata y otros sulfuros, los cuales, se habrían depositado bajo un régimen de temperaturas y presiones que comprende todo el proceso hidrotermal, es decir, con variaciones desde regiones hipotermas hasta teletermales (es probable que la mayor parte de los minerales se hayan depositado en un ambiente típicamente meso a epitermal).

Los minerales de mena están constituidos principalmente, por minerales de plata, destacando entre éstos la argentita ( $\text{SAg}_2$ ), tetradrita ( $\text{Sb}_4\text{S}_{13}$  (Cu, Fe, Zn, Ag)<sub>12</sub>), pirargirita ( $\text{S}_3\text{SbAg}_3$ ), proustita ( $\text{S}_3\text{AsAg}_3$ ) y polibasita

( $S_{11}Ag_{16}Sb_2$ ); minerales de plomo: galena (SPb); minerales de zinc: blenda (SZn) y minerales de antimonio: estibina ( $S_3Sb_2$ ) y valentinita ( $Sb_2O_3$ ). En poco valor ocurren minerales de cobre como: calcopirita ( $S_2CuFe$ ), covelita (Scu), malaquita ( $CO_3Cu_2(OH)_2$ ), etc; minerales de hierro como: pirita ( $S_2Fe$ ), arsenopirita (SfeAs), etc. y otros minerales raros de manganeso como alabandita (SMn).

Los minerales de ganga están constituidos principalmente, por una secuencia de cuarzo ( $SiO_2$ ), rodonita ( $SiO_3Mn$ ), pirita, estibina y baritina, calcita ( $CO_3Ca$ ) y rodocrosita ( $CO_3Mn$ )

## Yacimiento Minero Shila

### Ubicación

El yacimiento minero Shila, se encuentra ubicado al sureste del yacimiento minero de Orcopampa y al noreste de la localidad de Chachas entre los 4 980 a 5 400 msnm. Se encuentra en la parte sur de la cordillera Shila, que empieza en la parte suroccidental de los Andes, a 130 km al norte de la ciudad de Arequipa. Políticamente pertenece al distrito de Chachas, provincia de Castilla, región Arequipa. Las coordenadas geográficas donde se ubica la mina Apacheta, son las siguientes:  $72^{\circ} 10' 26''$  de longitud oeste y  $15^{\circ} 23' 10''$  de latitud sur. El trayecto de acceso de Arequipa a la mina es la siguiente: Arequipa-Yura pista asfaltada 25 km, Yura –Caylloma carretera afirmada 190 km, Caylloma –Peñas Blancas carretera afirmada 10 km, Peñas Blancas-Mina Shila trocha carrozable 44 km, Total: 274 km.

### Mineralización

Shila se define como un yacimiento hidrotermal, epitermal con mineralización de oro y plata, asociada en menor grado a metales básicos (Pb, Cu, Zn), considerado del tipo adularia-sericita de acuerdo a la clasificación de Helad Foley y Huayba. La ocurrencia de valores de oro y plata está ligada a un ensamble mineralógico constituido por sílice, cuarzo, rodonita y óxidos de manganeso acompañados de una alteración hidrotermal argílica-sílica. Se presentan diversas texturas típicas de yacimientos epitermales.

Al igual que el yacimiento de Orcopampa, la mineralización de la mina Shila está asociada prin-

cipalmente, con las facies volcánicas del Grupo Tacaza, la diferencia está en que mientras la mineralización en el yacimiento de Orcopampa se da en las tobas de los miembros Pisaca y Manto, en el yacimiento Shila se da en la facies aglomerádica del Miembro Santa Rosa. De igual manera, la mineralización ocurre en fallas pequeñas orientadas al NE-SO, son importantes las vetas de Apacheta, Pillune, Sando Alcalde, entre otras.

Los minerales de mena están definidos por la siguiente asociación: Existen galena argentífera, esfalerita, calcopirita, tetraedrita, proustita, oro nativo y electrum. Estudios mineragráficos, indican presencia de pearceita, mackinstrita, luzonita, bornita y covelita. Los minerales de ganga más comunes son: cuarzo, pirita, rodocrosita, rodonita, calcita, cuarzo amatista y adularia.

La mineralización de oro-plata, por estudios de secciones pulidas, determina que el oro ocurre en los bordes de la esfalerita y calcopirita, en microfracturas de la galena y como diseminación en las gangas de carbonatos. La plata nativa ocurre en forma anhedral rellenando intersticios, microfracturas y reemplazando a las gangas de carbonatos y argentitas.

Las estructuras mineralizadas de mayor importancia son: La veta 14 con un rumbo promedio de  $75^{\circ}$  NO-SE y buzamiento  $75^{\circ}$  al SO, la veta 21 con rumbo promedio N  $88^{\circ}$  O, buzamiento entre  $75^{\circ}$  y  $82^{\circ}$  al S, veta 59 con rumbo y buzamiento  $57^{\circ}$  NE, de las cuales la veta 21 es la que muestra mayor evidencia de mineralización aurífera.

## Yacimiento Minero Ares

### Ubicación

Se encuentra emplazado en la franja meridional de la zona sur de la Cordillera de los Andes, a 160 km de Arequipa en línea recta y a 30 km al NE del pueblo de Orcopampa

### Mineralización

Las vetas son estructuras filonianas y tabulares con relleno de fracturas, formadas por acción de soluciones hidrotermales en facies epitermales. Las estructuras están rellenas principalmente, por cuarzo lechoso epitermal, bandeado simétrico y de grano fino (textura azucarada). La textura de

bandeamiento simétrico presenta bandas finas de sulfosales de plata, seudomorfos de calcita lamelar y adularia, el oro se encuentra asociado al cuarzo como disseminaciones finas microscópicas. El grosor medio de las estructuras es de 1, 86 m alcanzando un máximo de 10, 20 m. El oro nativo se presenta como inclusiones, relleno de intersticios, microvenillas y finas disseminaciones microscópicas que alcanzan tamaños que varían entre 10 y 30 micrones, también como granos libres de oro nativo y electrum (aleación natural oro y plata), diminutas partículas asociadas a platas rojas (proustita pirargirita).

### **Recursos Geotermales**

Si bien no es muy abundante es preciso señalar sin embargo, la existencia de surgencias

termales que indican claramente, la existencia de calor remanente en la profundidad. Estas se encuentran principalmente, en la localidad de Huancarama ubicada al NE de la ciudad de Orcopampa. Las aguas emanan en la parte alta de Huancarama a través de fracturas presentes en la facies tobácea correspondientes al Miembro Pisaca. Fluyen con una temperatura de 40 °C aproximadamente y un volumen de 10 l/s más o menos.

A pesar de que no se han hecho análisis químicos de estas aguas, es posible incluirlas dentro del grupo de las aguas carbonatadas sulfurosas, por el escape de gran cantidad de burbujas de gas carbónico y olor fétido que despiden. Actualmente, estas fuentes son usadas como baños medicinales por los habitantes del lugar.



## Geología Histórica

A pesar de no encontrar algún testimonio de los acontecimientos geológicos anteriores al Jurásico superior, es posible deducir de acuerdo a lo manifestado en los capítulos anteriores, que rocas del Paleozoico inferior y/o cratónicas, constituyeron el basamento sobre el cual se desarrollaron los diferentes sucesos que contribuyeron al desarrollo estratigráfico, estructural y minero que se expone en la región, los cuales pueden ordenarse según la siguiente secuencia.

- a) En el Caloviano, la superficie mayormente metamorfoseada y peneplanizada que exponía la región después de la orogenia herciniana, habría sido invadida por primera vez por las aguas del Pacífico. La transgresión inundó la región con un mar relativamente somero y la sedimentación se desarrolló en un régimen definido de tectónica oscilatoria con cambios de ambiente de depósito; las diferentes unidades del Grupo Yura atestiguan esta afirmación, donde desde una cuenca sujeta a constantes movimientos verticales se produce un ascenso gradual considerable al Neocomiano inferior, alcanzándose la deposición de la Formación Hualhuani en ambientes de playa, con restos de *Equizetites* y marcas de oleaje bien definidos.
- b) En el lapso comprendido entre el Neocomiano superior-Aptiano, dicho ascenso debió llevar a la región a una ligera emersión. Los procesos denudatorios habrían actuado sobre los sedimentos del Grupo Yura principalmente ubicados en la parte norte, mientras sus productos fueron acarreados a las partes bajas sumergidas donde aún se depositaban la Formación Murco y equivalentes.
- c) Durante el Albiano, la región experimentó nueva subsidencia desarrollándose el depósito de las calizas de la Formación Arcarquina en un mar sujeto a ambientes agitados y de poca profundidad. Todo quedó establecido por su naturaleza algo arenosa y fauna de ammonites de los afloramientos ya indicados.
- d) A fines del Coniaciano o a principios del Santoniano posiblemente, un levantamiento epirogénico considerable habría puesto fin al ciclo de sedimentación geosinclinal que comprometió a la región sur peruana durante el Mesozoico. Este acontecimiento, habría llevado al área de las nacientes del río Amazonas, a la emersión definitiva y a un subsiguiente proceso denudatorio,



el cual, habría alternado con complicadas fases de compresión y distensión, que ocurrieron en el Cretáceo terminal y en el Oligoceno. Dentro de este contexto y a fines del Paleógeno medio, gran parte de sedimentos mesozoicos habrían sido erosionados, quedando la superficie de esta región complejamente deformada e irregularmente desgastada mayormente, de rocas del Grupo Yura.

e) A principios del Mioceno y como consecuencia de un proceso de distensión que sigue a la fase de compresión incaica de la tectogénesis andina, surge la primera manifestación magmática bajo un régimen mayormente efusivo emplazando al Grupo Tacaza que finalmente, sepulta a la superficie de erosión antes indicada.

f) A fines del Mioceno medio las facies volcánicas del Grupo Tacaza, son seguidamente afectadas por una tectónica de compresión y distensión probablemente durante el Mioceno medio (fase Quechua de la tectogénesis andina), originando un modelo estructural con plegamientos de amplio radio y dislocaciones de ruptura de dirección dominante NO-SE. En efecto, la actividad efusiva que emplazó a las rocas del Grupo Tacaza, habría sido seguida por una fase tranquila de ascenso lento del magma, originando el emplazamiento de cuerpos subvolcánicos, mayormente vinculados con soluciones mineralizantes que rellenan dislocaciones de este evento tectónico con una secuencia regional de Ag – Pb – Zn – Au y Sb, característica de los yacimientos mineros de la región.

g) Después del emplazamiento del Grupo Tacaza, el proceso denudatorio se habría reestablecido, dejando antes del Plioceno medio o superior, una su-

perficie ondulada (superficie Puna) con altos y cuencas de erosión que posiblemente, durante el Plioceno inferior o medio, fueron colmadas por sedimentos lacustres.

h) Durante el Plioceno medio-superior al Pleistoceno, el área es afectada nuevamente por eventos volcánicos que alternan con un continuo proceso denudatorio. Particularmente, en el Plioceno medio-superior, un proceso de tensión habría llevado a la manifestación explosiva de tobas e ignimbritas que conforman la Formación Sencca. Seguidamente, a fines del Plioceno y principios del Pleistoceno, una nueva fase efusiva de naturaleza andesítica y con un desarrollo de conos volcánicos, habría dado origen al Grupo Barroso que cierra el proceso volcánico pre-glacial.

i) A fines del Pleistoceno, la zona habría alcanzado altitudes considerables, suficientes para la formación de masas glaciarias que, en su marcado proceso de gradación y degradación, han dejado una superficie glaciada con variedad morfológica bien expuesta.

j) Aún durante el Cuaternario reciente, los glaciares se hacen presentes de vez en cuando y la actividad magmática compromete a esta área con débiles pulsaciones de lavas ácidas (lavas pahoe-hoe) como indicando la extinción del volcanismo cenozoico o tal vez el inicio de un nuevo proceso en la evolución de los Andes.

k) Actualmente, el área está sometida a un proceso denudatorio principalmente, por acción eólica y pluvial.

## Bibliografía

- BENAVIDES, V. (1962) - Estratigrafía Pre-terciaria de la región de Arequipa. En: Congreso Nacional de Geología, 2, Lima, 1960. Bol. Soc. Geol. Perú, (38):5-63.
- BOWMAN, I. (1938) - Los Andes del Sur del Perú: reconocimiento geográfico a lo largo del meridiano setenta y tres. Ed. La Colmena, Arequipa, 267 p.
- CALDAS, J. (1993) - Geología de los cuadrángulos de Huambo y Orcopampa. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geol. Nac., 46, 62 p.
- HOEMPLER, A. (1962) - Valle de volcanes de Andahua, Arequipa. En: Congreso Nacional de Geología, 2, Lima, 1960. Bol. Soc. Geol. Perú, (37): 59-69.
- JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (1986) - Report on mineral exploration in Cotahuasi area, Phase I: Geological survey geochemical prospecting. JICA, Lima, 96 p.
- JENKS, W.F. (1948) - Geología de la hoja de Arequipa al 200,000. Geology of the Arequipa Quadrangle of the Carta Nacional del Peru. Bol. Inst. Geol. Perú 9, 204 p.
- NEWELL, N.D. (1949) - Geology of the Lake Titicaca region, Perú and Bolivia. Geological Society of America, New York, Memoir 36, 111 p.
- NOBLE, D.C. (1973) - Tertiary pyroclastic rocks of the Peruvian Andes and their relation to lava volcanism, batholith emplacement, and regional tectonism. Geol. Soc. America, Abs. with Progs., 5(1): 86-87.
- OLCHAUSKI, E. & DÁVILA, D. (1994) - Geología de los cuadrángulos de Chuquibamba y Cotahuasi. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geol. Nac., 50, 52 p.
- PORTOCARRERO, J. (1960) - Reconocimiento geológico del valle de Andahua. Tesis Bach., Univ. Nac. San Agustín, Arequipa.
- SWANSON, K.E., et al. (2001) - Geologic map of the Orcopampa Quadrangle. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Lima. (En prensa).
- VARGAS, L. (1970) - Geología del cuadrángulo de Arequipa. Serv. Geol. Min., Boletín 24, 64 p.

- VICENTE, J.C. (1981) - Elementos de la estratigrafía mesozoica Sur-Peruana. En: Volkheimer, W. & Musacchio, E., eds. Cuencas sedimentarias del Jurásico y Cretácico de América del Sur, Buenos Aires, t. 1, p. 319-351.
- VICENTE, J.C. (1982) - La cuenca de Arequipa (Sur Perú) durante el Jurásico-Cretácico. E: Congreso Latinoamericano de Geología, 5, Buenos Aires, 1982, Actas, Servicio Geológico Nacional, Buenos Aires, t. 1, p. 121-153.
- WEIBEL, M. & ZSOLT, F. (1977) - El Nevado Coropuna, Departamento de Arequipa. Bol. Soc. Geol. Perú, (57-58): 87-98.
- WILSON, J.J. & GARCÍA, W. (1962) - Geología de los cuadrángulos de Pachía y Palca. Com. Carta Geol. Nac., Boletín, 4, 81 p.

## **Anexo Fotográfico**





**Foto N° 1** Grupo Yura (Formación hualhuani) en contacto con el flujo de lodo ubicado cerca a la catarata Sipia al SO de la localidad de Cotahuasi.



**Foto N° 2** Cuarcitas de la Formación Hualhuani, cerro Jatunquilcasa, vista hacia el NO, cuadrángulo de Chulca.



**Foto N° 3** Vista al NE río Sanjollota-Orcopampa. Contacto entre la Formación Arcurquina y la Formación Murco.



**Foto N° 4** Areniscas y conglomerados de la Formación Murco. Cerro Huancayosayhua, vista hacia el NO, cuadrángulo de Chulca.



**Foto N° 5** Vista al NO cerro Huano Panco-Orcopampa, contacto de las calizas Arcurquina (parte superior) y el afloramiento de la Formación Murco (parte inferior).



**Foto N° 6** Calizas Arcurquina en contacto con el Grupo Tacaza al NE de la localidad de Taurisma, Cotahuasi.

---





**Foto N° 7** Conglomerados de la Formación Orcopampa, en Alja Victoria, cuadrángulo de Cayarani, vista hacia el oeste.



**Foto N° 8** Afloramiento de aglomerado volcánico ubicado en la localidad de Tomepampa-Cotahuasi, perteneciente al miembro Sta. Rosa del Grupo Tacaza.



**Foto N° 9** Vista al oeste de Huamachulco Cerro Sayasaya- cuadrángulo de Orcopampa Brecha Santa Rosa.

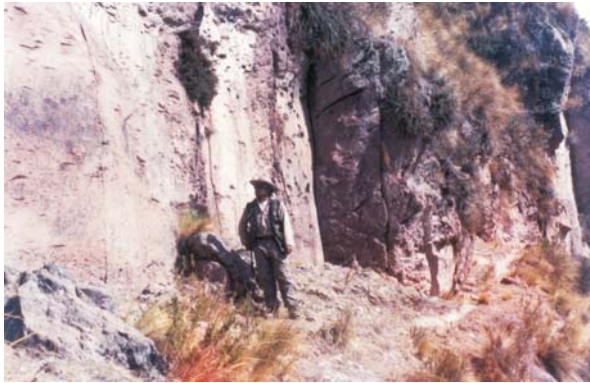


**Foto N° 10** Formación Ichucollo faldas oeste del Nevado Huayunca cuadrángulo de Cayarani, vista al NE.



**Foto N° 11** Vista de la Formación Alpabamba ubicada en la parte alta, al oeste de la localidad de Pampamarca- cuadrángulo de Cotahuasi.

---



**Foto N° 12** Tobas blancas de Alpabamba 1 en el sector de Chilhuane, cuadrángulo de Cayarani vista al NO.



**Foto N° 13** Conglomerado intercalados con volcarenitas, Alpabamba 2, cerro Madriyoc al NE de la mina Arcata, cuadrángulo de Cayarani.



**Foto N° 14** Vista al NO desde el poblado de Arcata-cuadrángulo de Orcopampa vease la Formación Alpabamba 2.



**Foto N° 15** Lavas andesíticas porfíricas en el flanco este volcán Yana Yana cuadrángulo de Cayari.



**Foto N° 16** Estrato volcán Huajrahuire, vista hacia el este, a la base Barroso 1, cuadrángulo de Cayarani.



**Foto N° 17** Vista al NE cerro Antapuna-Orcopampa. Lava cordada del Grupo Andahua.

---





**Foto N° 18** Tomado al NE del nevado Solimana, apreciamos al Grupo Barroso, las morenas y fluvio-glaciares, cuadrángulo de Cotahuasi.



**Foto N° 19** Vista aguas arriba del cañón del río Cotahuasi en la zona del 2° puente al NE de Pampa Echonga, muestra la erosión del río a los flujos de lodo. En la margen derecha se observa la Formación Alfabamba sobreyaciendo a la Formación Arcarquina.



**Foto N° 20** Vista al NO río Ocoruro-cuadrángulo de Orcopampa véase dique dacítico



**Foto N° 21** Vista al NE cerro Chinchón-cuadrángulo de Orcopampa. Afloramiento de la dacita Chinchón.

---