REPUBLICA DEL PERU

SECTOR ENERGIA Y MINAS

INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO

BOLETIN Nº 90

Serie A: Carta Geológica Nacional

GEOLOGIA DE LOS CUADRANGULOS DE CORANI Y AYAPATA

Hojas 28-u y 28-v

Por:
Antenor Chávez V.,
Guido Salas A.,
Edgar Gutiérrez S.,
José Cuadros P.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA

INGEMMET

Lima - Perú
Setiembre 1997

República del Perú

Sector Energía y Minas

INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO

Boletín N° 90

Serie A : Carta Geológica Nacional

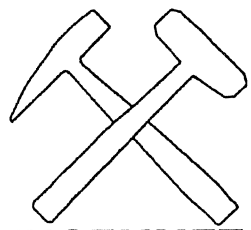
GEOLOGÍA DE LOS CUADRÁNGULOS DE CORANI Y AYAPATA

Hojas: 28-u y 28-v

Por:

Antenor Chávez V.,
Guido Salas A.,
Edgar Gutiérrez S.,
José Cuadros P.

Univeridad Nacional San Agustin de Arequipa



INGEMMET

Lima - Perú

Setiembre, 1997

INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO

INGEMMET

Alberto Pandolfi Arbulú
Ministro de Energía y Minas

Juan Mendoza Marsano
Vice-Ministro de Minas
y
Presidente del Consejo Directivo del INGEMMET

Walter Casquino Rey - Roberto Plenge Cannock
Lindberg Meza Cárdenas - Nicanor Vílchez Ortiz
Gerardo Pérez Del Aguila
Consejo Directivo

Hugo Rivera Mantilla
Director Técnico

FUNCIONARIOS TÉCNICOS RESPONSABLES DE LA EDICIÓN

Oscar Palacios Moncayo
Director General de Geología

Agapito Sánchez Fernández
Director de Carta Geológica

Francisco Herrera Romero
Director de Información y Promoción

Impreso en INGEMMET, Primera Edición, 1997
Coordinación, Revisión y Edición
Dirección de Información y Promoción, INGEMMET
Lima - Perú

Contenido

RESUMEN 1

Capítulo I
INTRODUCCIÓN 5
1.1 Ubicación del Área de Estudio 5
1.2 Accesibilidad 5
1.3. Base Topográfica utilizada 6
1.4. Método de trabajo 6
1.5. Estudios anteriores 6

Capítulo II
GEOGRAFÍA 9
2.1 ZONAS GEOGRÁFICAS 9
Zona de cordillera 9
Zona de Altiplanicies 10
Zona Alta Subandina 10
2.2 CUENCAS HIDROGRÁFICAS 13
2.2.1 CUENCA INAMBARI 13
Río Inambari 13
Río Esquilay 13
Río San Gabán 14
Río Araza 14
2.2.2 CUENCA DEL RÍO VILCANOTA 15
Río Phinaya 15

Capítulo III
GEOMORFOLOGÍA 17
3.1 ZONA DE CORDILLERA 17
3.1.1 Sub-Zona de Alta Cordillera 17
3.1.2 Sub-Zona de Baja Cordillera 18
3.2 ZONA DE ALTIPLANICIE 23
3.3 ZONA SUBANDINA 23
3.4 ZONA DE VALLES 24
Valle del río Inambari 24

Valle del río Tambillo 29
Valle del río Ayapata 29
Valle del río Esquilaya 30
Valle del río Macusani-Ollachea-San Gabán 30
Valle del río Chimboya-Corani 31
Valle del río Phinaya 31
Valle del río Marcapata-Araza 31
3.5 GEODINÁMICA EXTERNA 32
Procesos de Erosión-Sedimentación 32
Proceso de Deslizamiento de Suelos 33
3.6 IMPACTO AMBIENTAL 33

Capítulo IV
ESTRATIGRAFÍA 36
INTRODUCCIÓN 36
4.1 PALEOZOICO 36
4.1.1 PALEOZOICO INFERIOR 36
Complejo Iscaybamba 36
Grupo San José 37
Formación Sandia 38
Formación Ananea 43
4.1.2 PALEOZOICO SUPERIOR 49
Grupo Ambo 49
Grupo Tarma 50
Grupo Copacabana 51
Grupo Mitu 54
4.2 MESOZOICO 55
4.2.1 CRETÁCEO 55
Cretáceo Indiferenciado 55
4.3 CENOZOICO 63
4.3.1 NEÓGENO 63
FORMACIÓN QUENAMARI 63
MIEMBRO CHACACUNIZA 63
MIEMBRO SAPANUTA 63
MIEMBRO YAPAMAYO 64
4.3.2 CUATERNARIO 67
Depósitos recientes 67
Depósitos morrénicos 67
Depósitos glaciofluviales 67
Depósitos aluviales 67

Capítulo V

ROCAS INTRUSIVAS 69
5.1 PLUTÓN DE COASA 69
Comportamiento petroquímico 73
5.2 PLUTÓN DE SAN GABÁN 78
5.3 PLUTÓN DE PUMA CHANCA 88
5.4 PLUTÓN DE MARCAPATA 91
5.5 INTRUSIVOS MENORES 92
5.6 SIENITA DE MACUSANI 103
5.7 SIENITA A PIROXENO - ANFÍBOL 104
5.8 SIENITA NEFELÍNICA 104
5.9 INTRUSIVO SUBVOLCÁNICO 105

Capítulo VI

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL 109
6.1 DOMINIO ESTRUCTURAL DE AYAPATA 109
6.2 DOMINIO ESTRUCTURAL DE HUACUNE 111
Anticlinal Yanacocha 113
Sinclinal Camara 113
6.3 DOMINIO ESTRUCTURAL DE TANTAMACO 113
FALLAS 114
A) Sistema de Fallas Longitudinales 114
B) Sistema de Fallas Transversales 116
6.4 TERRENOS DEL DOMINIO ANDINO 117
TECTÓNICA ANDINA 117
6.4.1 FASE QUECHUA II DEL MIO-PLIOCENO 117
6.4.2 FASE QUECHUA III DEL PLIOCENO 118

Capítulo VII

GEOLOGÍA ECONÓMICA 121
Zona de mineralización de Pb - Zn - Ag - Sb - Sn 121
Mina Chimboya 122
Mina Surapata 122
Mina Hortencia 122
Mina La Mal Apagada 125
Mina Nuevo Tres Cruces Nº1-A 125
Mina Imelda 125
Mina Nazaret 125
Mina Santa Rosa 126
Zona de mineralización de Uranio 126

Zona de mineralización de Oro 127
Depósitos de oro filoneano 127
Depósitos de oro aluvial 127

Capítulo VIII

GEOLOGÍA HISTÓRICA 129

BIBLIOGRAFIA 131

RESUMEN

Los cuadrángulos de Ayapata y Corani se sitúan sobre la Cordillera Oriental en los límites de los departamentos de Puno y Cusco.

Geomorfológicamente en el área de estudio se puede distinguir; una zona de altiplanicie situada en el lado sur del cuadrángulo de Corani con una altitud que oscila entre 4 800 - 4 600 msnm, una zona de cordillera donde se encuentra la mayor parte de los casquetes glaciares con alturas que oscilan entre 3 500 - 6 000 msnm, la zona alta subandina con altitudes entre 3 500 y 4 500 msnm, es la zona de acumulación de morrenas disectada por valles profundos, encajados en forma de "V", los que aguas abajo están cubiertos por una densa vegetación.

El drenaje se realiza a través de 4 subcuencas: la cuenca del río Marcapata en la esquina NO del cuadrángulo de Corani, la cuenca del río Macusani - San Gabán que corre entre los límites de los cuadrángulos de Corani y Ayapata, la cuenca del río Inambari que capta las aguas de los ríos Ayapata y Tambillo y la cuenca del río Phinaya que drena hacia la cuenca del Vilcanota.

En el área de estudio afloran terrenos cuyas edades van del Paleozoico inferior hasta el Cuaternario.

El Paleozoico inferior, de un grosor aproximado de 5 800 m, está compuesto por el Complejo Izcaybamba (± 500 m), de edad Cambriano. Aflora en el extremo norte del cuadrángulo de Corani, está constituido por esquistos arenosos.

El Grupo San José del Ordovícico inferior (± 3 000 m), constituido por una gruesa sucesión de lutitas pizarrosas y algunas intercalaciones de areniscas finas.

La Formación Sandia (± 1 500 m) del Ordovícico superior, de litología compuesta por areniscas cuarzosas de grano fino a medio, cuya estructura interna en las capas de areniscas es mayormente flasser bedding, dunas, laminación plano paralela y algunos niveles con estratificación oblícua.

La Formación Ananea (± 800 m) del Siluro-Devoniano en su parte inferior está compuesta por siltitas beiges, alternando con pizarras, y en su parte superior constituida por lutitas negras pizarrosas.

Las unidades estratigráficas del Paleozoico superior se encuentran incompletas generalmente limitadas por fallas; así se tiene:

El Grupo Ambo (± 200 m) del Carbonífero inferior, aflora sólo en la parte sur central del cuadrángulo de Ayapata, está compuesto por areniscas cuarzosas, muy fracturadas y afectadas por hidrotermalismo, representado por silificación y pirita diseminada.

El Grupo Tarma (± 200 m) del Carbonífero superior, sólo aflora en el valle del río Chimboya, se compone de areniscas cuarzosas limpias, areniscas gruesas areniscas con graveles, la estructura interna de los bancos está constituida por dunas y estratificación oblícua.

El Grupo Copacabana (± 600 m) del Pérmico inferior, aflora en la parte sur central del cuadrángulo de Ayapata, está compuesta por calizas negras (mudstones), areniscas masivas capas de coquinas y calizas con nódulos de chert.

El Grupo Mitu (± 1,000 m) del Permiano superior reposa en discordancia angular sobre el Grupo Copacabana, lo componen, en la base, conglomerados mal clasificados, lutitas rojas y en la parte superior una gruesa sucesión de derrames lávicos de composición andesítica y textura pofirítica.

El Neógeno está compuesto por ± 600 m de derrames ignimbríticos datados como del Mioceno medio a superior, estas ignimbritas ocupan una depresión situada en la parte sur del cuadrángulo de Corani, su composición es riolítica a dacítica.

Diversos depósitos recientes compuestos por morrenas, fluvioglaciares, aluviales completan la columna estratigráfica.

Una serie de intrusivos de composición esencialmente granítica intruyen al Paleozoico inferior, los cuerpos más grandes como los plutones de Coasa, San Gabán, Pumachanca y Marcapata, afectan principalmente a la Formación Sandia. Los análisis geoquímicos caracterizan magmas calco-alcalinos. Existe una serie de intrusivos menores que están distribuidos en todo el área de estudio, su composición varía de granitos a granodioritas y algunas dioritas.

Tres fases tectónicas han afectado los diferentes terrenos que conforma este segmento de la cordillera oriental.

La fase eohercínica, de fines del Devónico, es responsable del plegamiento y fallamiento del Paleozoico inferior y metamorfismo de tipo epizonal caracterizado por la asociación mineralógica, clorita, sericita, muscovita.

La fase tardihercínica del límite Pérmico superior-Pérmico inferior, pliega y falla los terrenos del Paleozoico superior, esta fase está caracterizada por la discordancia del Grupo Mitu, sobre el Grupo Copacabana.

Finalmente una fase intramiocénica de distensión fue responsable de grandes volúmenes de flujos ignimbríticos.

En el área de estudio se encuentran yacimientos minerales de metales, como galena argentífera, estibina, blenda, chalcopirita, wolframita, casiterita, oro y uranio. Sin embargo el desarrollo minero en esta área de estudio es muy incipiente, la mayoría de las minas abiertas están paradas a excepción de la minería del oro en el sector de Casilli, que tiene una importante e intensa actividad extractiva. En el área de trabajo se han encontrado varias alteraciones hidrotermales que merecen ser exploradas.

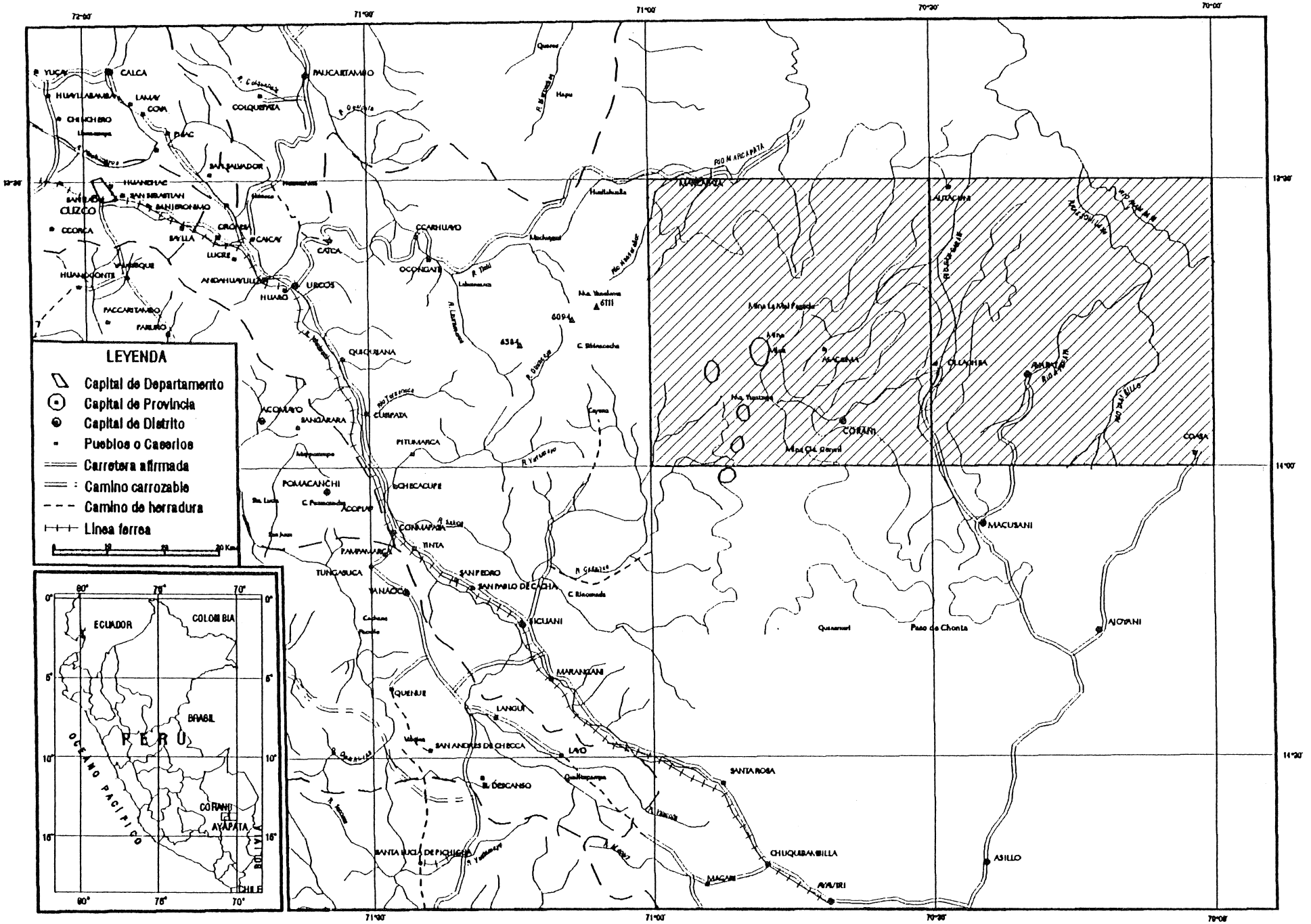


Fig. 1.- Ubicación de los cuadrángulos de Corani y Ayapata

Capítulo I

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se desarrolló en el marco del convenio UNSA-INGEMMET y dentro del plan de levantamiento sistemático de la Carta Geológica Nacional, en actual ejecución por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico del Perú, INGEMMET.

1.1 Ubicación del Área de Estudio

Los cuadrángulos de Corani y Ayapata se ubican al Este-Sureste de la ciudad del Cusco y a una distancia de 105 km en línea recta (Fig. N° 1.1).

Políticamente el área abarca territorios de las provincias de Quispicanchis y Canchis del departamento del Cusco y la provincia de Carabaya del departamento de Puno; geográficamente está delimitada por las coordenadas siguientes:

13°30' - 14°00' de Latitud Sur
70°00' - 71º00' de Longitud Oeste

El área de estos dos cuadrángulos comprende una superficie de 6 050.6 km².

1.2 Accesibilidad

El área de estudio es accesible desde el pueblo de Urcos (departamento del Cusco), por carretera afirmada, pasando por Ocongate y el abra de Hualla - Hualla, hasta Marcapata, con una longitud aproximada de 100 km.

También es accesible desde la ciudad de Puno por una carretera afirmada de 265 km de longitud hasta Macusani, Capital de la provincia de Carabaya. Los 60 km iniciales de esta carretera ya están asfaltados. Desde el pueblo de Macusani mediante carretera afirmada se llega hasta Ollachea y continúa hasta San Gabán, con una longitud aproximada de 50 km hasta Ollachea. De esta carretera por un desvío, se continua hacia el pueblo de Corani a la altura de la localidad de Tanta Maco.

Asimismo, existe la carretera afirmada que se inicia en Macusani y llega hasta el pueblo de Ayapata, con una longitud aproximada de 52 km, de esta misma carretera parte un desvío hacia el pueblo de Tambillo, en las proximidades de la localidad de Pucacancha.

1.3. Base Topográfica utilizada

La base utilizada son las cartas topográficas a escala l:100 000 elaboradas por el Instituto Geográfico Nacional, mediante restitución fotogramétrica de fotos aéreas de nuestro territorio.

1.4. Método de trabajo

Luego del estudio bibliográfico, se ha realizado el estudio fotogeológico, el cual se traduce en un mapa geológico preliminar fotointerpretado. A continuación se procedió al trabajo de campo y gabinete, alternativamente, hasta concluir con el informe final.

1.5. Estudios anteriores

Esta zona, por ser potencialmente rica en oro filoneano y, sobre todo en placeres auríferos, ha merecido el interés del gobierno peruano desde años atrás, por lo que ha propiciado diferentes estudios de esta región, algunos de los cuales se mencionan a continuación:

AGUILAR REVOREDO (1935), JASSAUI FEDERICO (1936), BUNDY PAÚL A. (1945), NOVOA CÉSAR 1947), incidieron en la mineralización aurífera de placeres en la zona de Marcapata, los que vienen siendo trabajados desde aquellos años. FRANCIS GODFREY H. (1954) estudió por primera vez la geología de la zona entre los pueblos de Macusani y Ollachea a lo largo de ambas laderas del río Macusani.

MUIR-WOOD, H. M. (1955) estudió los fósiles del Pérmico inferior (Wolf-campiano) del Grupo Copacabana en los alrededores de Macusani, logrando precisar mejor la edad de las unidades litoestratigráficas de esta zona.

En la década del 70, al haberse detectado la existencia de un importante distrito uranífero, en los volcánicos Quenamari que afloran a pocos kilómetros al Oeste de Macusani, motivó que ingenieros del Instituto Peruano de Energía Nuclear como FLORES R. G. I, KIHIEN C.; FIGUEROA R., PIZARRO L., ARROYO P. G., entre otros, emprendieran estudios de exploración, prospección y evaluación de este yacimiento en la década del 80.

A fines de la década del 70 e inicios de la década del 80, en cumplimiento del Convenio de cooperación técnica y científica Franco-Peruana, la ORSTOM, mediante un equipo de geólogos realizó varios estudios en esta región, siendo GERARD LAUBACHER, quien definió la columna estratigráfica de todo el Paleozoico en la región sureste de nuestro país. Así mismo, se efectuaron nuevos estudios sobre la mineralización aurífera, tanto primaria como de placeres, participando también en estudios de uranio.

Estudios recientes realizados por ALAN CLARK, DANIEL KONTAK y EDWARD FARRAR han contribuido al conocimiento de la evolución metalogenética de la región así como de la geocronología de algunos cuerpos plutónicos presentes en esta zona.

Capítulo II

GEOGRAFÍA

La zona de estudio se ubica en la parte meridional de la Cordillera Oriental de los Andes, delimitada por las siguientes coordenadas:

13º30' y 14º00' Latitud Sur
70º00' y 71º00' Longitud Oeste

Este territorio corresponde a un tramo de la Cordillera Oriental, con rasgos fisiográficos bien definidos, distinguiéndose las siguientes zonas geográficas: Zona de cordillera, Zona de Altiplanicie y Zona Alta Subandina (Fig. N° 2.1).

2.1 ZONAS GEOGRÁFICAS

Zona de cordillera

Esta zona abarca la mayor parte del área estudiada, constituyendo una amplia franja con orientación NO - SE. Se caracteriza por un relieve abrupto, en el que los numerosos nevados de esta zona han dado origen a numerosos ríos y quebradas que bisectan apretadamente el terreno, formando valles profundos y encañonados, entre cuyos cauces y cumbres nevadas se dan diferencias de altura de 1 000, 1 200, 1 400 m en áreas aledañas. A una distancia de 15 km los ríos han profundizado su cauce alcanzando diferencias de altura de 1 994 m como es el caso de la localidad a la altura del pueblo de Ayapata y de 2 875 m como en el caso de la localidad a la altura del pueblo de Ollachea.

Además del nevado Allin Ccapac, tenemos a los nevados Ananta, Macho Riti, Chaquirioc, Sullulluni, Colque Cruz, Paco Ananta, Escopetane, San Braulio, Intermedio, Cerro Loma, Condoriquiña, Ccoyllor Puñuna, Cceccarani, Paco, Huila Acce, Montura, Auzangate y otros, con una altitud promedio de 5 500 m. Esta zona queda delimitada aproximadamente por la cota de los 3 500 msnm.

En esta zona la vegetación se reduce al ichu y musgo que llega hasta el pie de los nevados. La temperatura fluctúa entre -20º C y 5º C durante el año y las precipitaciones

pluviales se producen en forma de lluvia, granizo y nieve durante los meses de verano, siendo más intensas pero más esporádicas las nevadas durante los meses de invierno.

Zona de Altiplanicies

Esta zona, abarca las esquinas sureste y suroeste del cuadrángulo de Corani, se caracteriza por un relieve originalmente plano que en la actualidad se encuentra fuertemente bisectado por ríos y quebradas profundas y encañonadas en la mayoría de los casos.

En la esquina sureste la altiplanicie presenta una altitud promedio de 4 500 a 4 600 m con una diferencia de altura entre élla y el cauce de los ríos y quebradas que la cortan a 250 m, dándose una diferencia de altura de 383 metros entre el pueblo de Corani, ubicado en la ladera derecha del valle del río Corani, y la altiplanicie.

En la esquina suroeste, la altiplanicie presenta una altitud promedio de 4 700 m con una diferencia de altura entre ella y el cauce de los ríos y quebradas que la cortan a 50 y 300 m como es el caso del Phinaya, que es el río principal en esta parte.

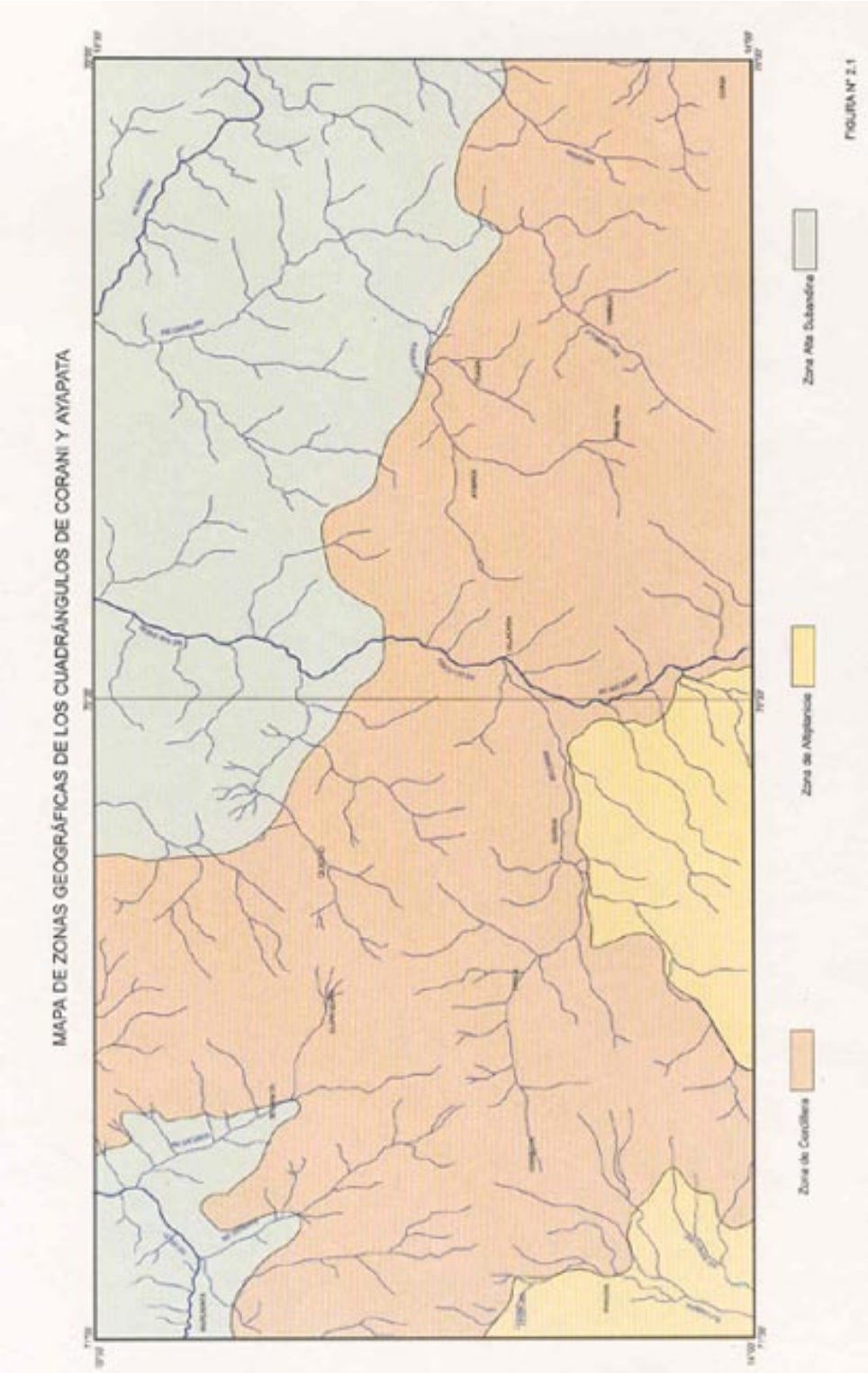
En esta zona la temperatura fluctúa entre -10ºC y 10ºC durante el año y las precipitaciones pluviales se manifiestan en forma de lluvia, granizo y nieve en los meses de diciembre a marzo, reduciéndose a nevadas en los meses de invierno. La vegetación se reduce al ichu y musgo.

Zona Alta Subandina

Esta zona se extiende desde el flanco noreste de la cordillera, a partir de la cota de los 3,500 msnm hasta el límite norte y noreste de los dos cuadrángulos.

Se caracteriza por un relieve accidentado, debido a la presencia de numerosos ríos y quebradas que bisectan esta parte del territorio originando valles y quebradas profundos y encañonados, con diferencias de altura entre los cauces y las partes altas del orden de los 800 y 1 000 m. El terreno intervalles está modelado en cadenas de cerros cuyas altitudes disminuyen progresivamente hacia el Noreste, desde los 3 500 m hasta los 1 500 m. El principal río de esta zona y de toda la región es el río Inambari cuyo cauce alcanza una altitud entre los 500 y 600 msnm.

En esta zona la vegetación es abundante y típicamente de ceja de selva; en los valles más importantes se cultivan el maíz, rocoto, tomate, zanahoria, palta, durazno, plátano, granadilla, etc.


MAPA DE ZONAS GEOGRÁFICAS DE LOS CUADRÁNGULOS DE CORANI Y AYAPATA
Zona de Cordillera
Zona de Altiplanicie
Zona Alta Subandina
FIGURA N° 2.1

La temperatura fluctúa entre 10ºC y 5ºC durante el año y las precipitaciones pluviales son intensas en los meses de verano.

2.2 CUENCAS HIDROGRÁFICAS

El borde occidental de la zona de estudio constituye la división entre el drenaje que desemboca en el río Inambari por el Noreste y el drenaje que se orienta hacia el río Vilcanota por el Suroeste. Las principales fuentes de alimentación de los ríos provienen de los deshielos de los nevados, lagunas y precipitaciones del flanco oriental de la Cordillera Oriental.

La principal cuenca es la del río Inambari que recolecta las aguas de casi el 90% de estos cuadrángulos, teniendo como colectores principales a los ríos Inambari, San Gabán y al Araza o Marcapata.

De otro lado, por el sector suroeste de la hoja de Corani, se generan las nacientes del río Phinaya que lleva sus aguas a la cuenca del río Vilcanota.

2.2.1 CUENCA INAMBARI

Río Inambari

Es un río que tiene sus nacientes en las cabeceras de los altos nevados de Ananea y Aricoma, discurre en una dirección S-N, con algunas inflexiones hacia el NO, hasta la altura de Boca Limbani. Al confluir con los ríos Chiveni y Coasa recibe el nombre de río Inambari y discurre por el extremo nororiental del cuadrángulo de Ayapata recolectando el drenaje de ríos fundamentales como el Esquilaya y Araza o Marcapata. El drenaje principal es sub-dendrítico a sub-paralelo, de densidad media.

Río Esquilay

Este río también pertenece a la Cuenca Inambari, se forma por la confluencia de los ríos Ayapata y Tambillo, el primero de los cuales tiene su origen en las lagunas que se forman alrededor de los nevados Chichiccapac y Allinccapac discurriendo en forma sinuosa siendo su cauce estrecho, y en época de avenidas caudaloso y torrentoso, recibe las aguas de numerosos tributarios hasta cerca del poblado de Casili, donde se une con el río Tambillo.

El río Tambillo tiene su origen junto al límite sur del cuadrángulo de Ayapata. El río Esquilaya toma una dirección preferencial NNO y en su recorrido recibe las aguas de los ríos Choquepata, Curcani y tributarios menores, drenando finalmente sus aguas al río Inambari a la altura de la localidad de Boca Esquilaya.

En su largo recorrido la cuenca del río Inambari, presenta un drenaje dendrítico y subdendrítico de densidad media-alta y subparalelo de densidad media.

Es de suave pendiente, sin embargo, la estrechez e irregularidad del fondo de su cauce, así como la turbulencia de sus aguas impiden que sea navegable en esta parte de su recorrido y sólo es navegable desde su confluencia con el río Esquilaya.

Río San Gabán

Tiene sus nacientes en las faldas de los nevados Queroni, Vilajota y Toldoqueri, ubicados en la hoja de Macusani, donde se forman varios afluentes que al unirse toman el nombre de río Macusani, el mismo que presenta una trayectoria S-N cruzando el pueblo del mismo nombre y recibe los tributarios adyacentes. A la altura del flanco oriental del cerro Chullo confluye con el río Corani (que tiene sus nacientes en las lagunas Suyto Cocha, Jatun Ccomer Cocha y Asnococha), denominándose entonces río Ollachea el cual recibe el drenaje de quebradas importantes como Chuani y Chiartita principalmente en época de avenidas.

En Chacaneque confluye con el río Chiamayo para conformar el río San Gabán, recibiendo el aporte de sus tributarios Carmen, Payachaca y San Isidro, conserva una orientación S-N. Finalmente inflexiona al Este para desembocar en el río Inambari en las inmediaciones de Puerto Manoa. El drenaje es de tipo dendrítico a Sub-dendrítico, de densidad media a alta, (Fig. N° 2.2) tiene fuerte pendiente y de cauce torrentoso en su recorrido inicial, siendo moderada a suave aguas abajo del pueblo homónimo.

Río Araza

Tiene su origen en las estribaciones de los nevados Huaycailluni y Hualla Hualla, se le denomina también río Marcapata, cruza el pueblo de Marcapata de Oeste a Este y recibe las aguas de los ríos Sayapata, Socapata y tributarios secundarios, a la altura de Quincemil inflexiona hacia el Este, donde finalmente drena sus aguas al río Inambari 500 metros aguas arriba del puente del mismo nombre.

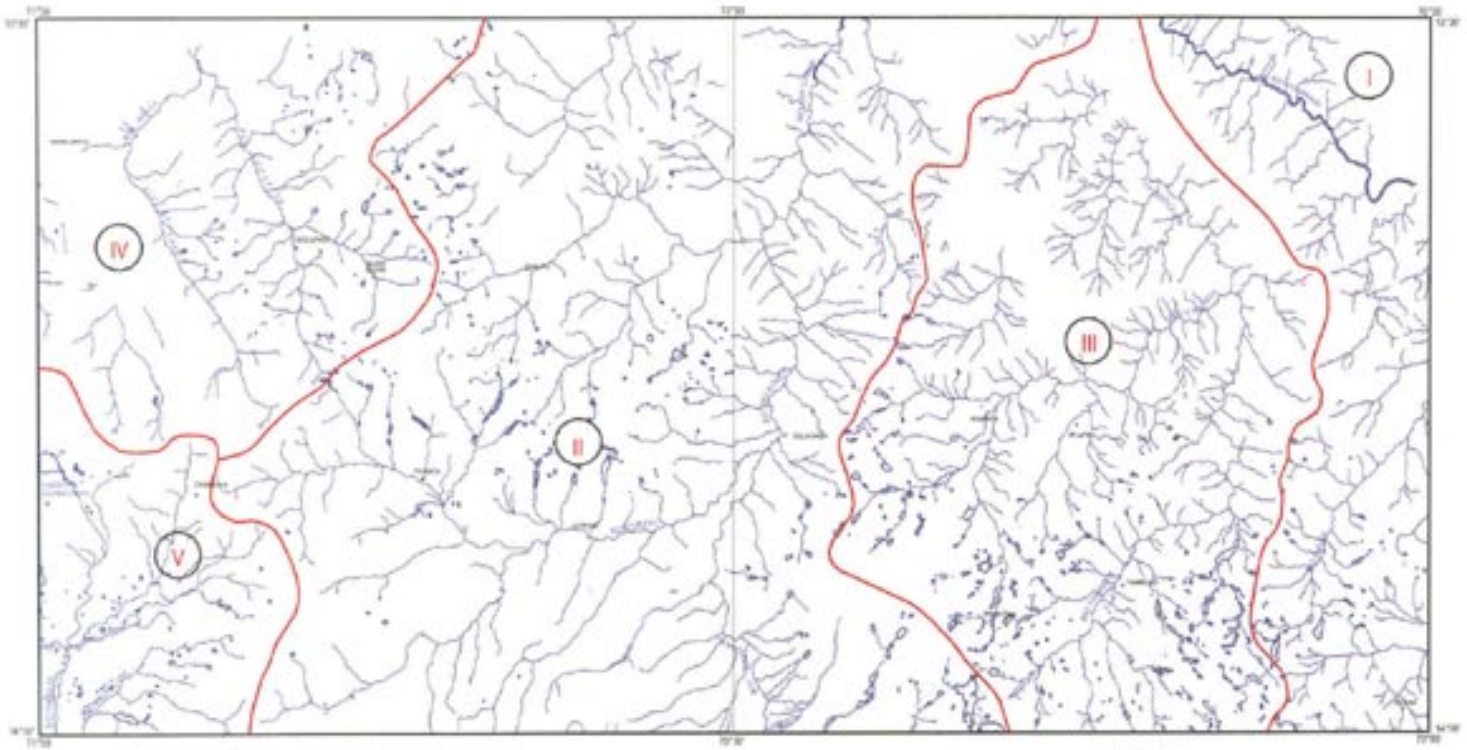
El drenaje característico es el dendrítico a sub-dendrítico, la pendiente inicialmente es fuerte, sin embargo, desde el pueblo de Marcapata presenta pendientes más suaves con valles amplios, este río es caudaloso en época de lluvias.

2.2.2 CUENCA DEL RÍO VILCANOTA

Río Phinaya

Este río pertenece a la cuenca del río Vilcanota y tiene sus nacientes en el nevado Chimboya y laguna Ccasccana, y en los nevados Sanimayo, Sacsa Ananta y Condoriquiña. El río Phinaya se forma por la unión de los ríos Potto y Alccachaya. Presenta una dirección preferencial hacia el SSO, frente al pueblo de Phinaya inflexiona ligeramente hacia el Sur, en Cayacpata recibe las aguas del río Huancané y tributarios menores como los ríos Huila Huayco y Lanca Mayo, cambiando su trayectoria hacia el Suroeste, hasta su confluencia final con el río Vilcanota. En su largo recorrido se presenta sinuoso, con un drenaje subdendrítico y subparalelo, de densidad media; no es muy torrentoso y ensancha su cauce en época de avenidas, es un río de poco caudal. Desde el pueblo de Phinaya hacia el Sur el valle se amplía siendo las terrazas fluviales el lugar donde los pobladores pastorean su ganado, son susceptibles de riego por gravedad, lo que permitiría regenerar el pastizal que actualmente se seca durante las estaciones de Otoño e Invierno.

MAPA HIDROGRÁFICO DE LOS CUADRÁNGULOS DE CORANI Y AYAPATA



SIMBOLOGÍA	CUENCA HIDROGRÁFICA	HOYA HIDROGRÁFICA
I	RÍO INAMBARI	MADRE DE DIOS
II	RÍO SAN GABAN	RÍO INAMBARI
III	RÍO ISIQUILLA	RÍO INAMBARI
IV	RÍO ARAZA	RÍO INAMBARI
V	RÍO MINAYA	RÍO VILCANOTA

ESCALA 1: 420 000

SÍMBOLOS

- DIVISORIA DE AGUAS
- LAGUNA
- RÍO
- QUEBRADA
- POBLADO

FIGURA N°2.2

Capítulo III

GEOMORFOLOGÍA

El territorio comprendido en los cuadrángulos de Corani y Ayapata es de relieve abrupto y accidentado, pues comprende un segmento de la Cordillera Oriental y sus estribaciones nororiental y suroccidental. En base a este relieve, se pueden distinguir cuatro zonas geomorfológicas bien definidas: (Fig. N° 3.1).

3.1 ZONA DE CORDILLERA

Esta zona abarca casi las dos terceras partes del área de estudio y se caracteriza por su relieve abrupto, pues corresponde a un tramo de la Cordillera Oriental, con una orientación general NO - SE y con altitudes que fluctúan entre los 4 000 metros y los 6,049 metros, con dos redes de drenaje del tipo dendrítico grueso, que constituyen las cuencas altas de los ríos Araza o Marcapata, Ollachea San Gabán e Inambari en el flanco noreste de la cordillera y del río Vilcanota en el flanco sureste (fuera del área de estudio).

En esta zona se puede distinguir a su vez dos sub-zonas.

3.1.1 Sub-Zona de Alta Cordillera

Esta sub-zona corresponde a las mayores elevaciones de la Cordillera Oriental, con altitudes comprendidas entre los 4 800 y 6 049 msnm, en esta zona se presenta en la actualidad actividad glaciar, cumbres con crestas agudas a manera de cuchillas, algunos picos en forma piramidal. El resultado es un relieve abrupto con pendientes muy empinadas.

Los glaciares se presentan en una serie de agrupamientos, así podemos observar que en el sector comprendido entre el río Querani Mayu (parte sur central del cuadrángulo de Corani) y el nevado Aquichua (límite centro-oeste de dicho cuadrángulo), se presenta el mayor agrupamiento de nevados, tales como Jatún Quenamari, Paco Loma, Coyllor Puñuna, Ananta, Cceccarani, Cunorana, Unollocsima, Millo, San Braulio, Jurcay Cuchillo, Escopetane,

Pacco-Ananta, Intermedio, Puca Salla, Viluyo, Condoriquiña, Istalla, Quisoquipina, Huayccentani, Sacsa Ananta, Paco, Sanimayo, Hulla Acce, Montura (el más alto con 6 049 msnm), Ambroca, Japu Punta, Yana Kasa, Suyu Purina, Ausangate, Ccolcce Cruz y Aquichua, los cuales constituyen una cadena nevada de 35 km de longitud aproximadamente, que sólo es posible cruzarla por el abra Chimboya, naciente del río Chimboya, afluente del río Corani, el cual a su vez es afluente del río Macusani.

Además de este agrupamiento mayor, tenemos otros cinco agrupamientos menores situados al Noreste. Alineados paralelamente al primero de Sureste a Noroeste son:

- Agrupamiento de los nevados Allin Ccapac (5 800 msnm) (Foto N° 3.1) Chichiccapac, Negro Salto, Vela Cunca y Ausangate.
- Agrupamiento de los nevados Ananta, Macho Riti y Tocra.
- Agrupamiento de los nevados Taruca Sayana, Riti Huasi, Hualalanco, Yúrac Salla, Ananta Cucho, Ccori Pintay, Colque Cruz, Chaquirioc o Pacco Ananta, Huaman Lipani, Llusca o Pacco Ananta, Llucsa Riti y Sillulluni.
- Agrupamiento de los nevados Salcantay, Ccolque Cruz y Quispe Cruz.
- Agrupamiento de los cerros nevados Mamanlipani, Huampire, Saltacocha y Quimsacruz

3.1.2 Sub-Zona de Baja Cordillera

Corresponde esta sub-zona a las estribaciones nororientales de la cordillera, inmediatamente a continuación de la alta cordillera, con altitudes entre 3 800 y 4 800 m. Esta sub-zona conforma el cuerpo principal de la cordillera oriental, su relieve no obstante ser accidentado tiene una morfología más suave que la sub-zona anterior, aquí se presentan valles en forma de U producto de la erosión glaciar, (Foto N° 3.2), en estos valles se presentan las mayores acumulaciones de morrenas, que eventualmente forman una serie de cordones en los fondos de los valles y en otras ocasiones están colgadas en las paredes laterales de los mismos. Otro aspecto morfológico es la presencia de abundantes lagunas originadas por diques naturales formados por morrenas frontales dejadas por retroceso de los glaciares.

En esta sub-zona se presentan turberas, lagunas y suelos cubiertos con vegetación baja, apta para el pastoreo de ganado, así mismo esta sub-zona corresponde a las nacientes de los ríos que drenan el área de estudio.

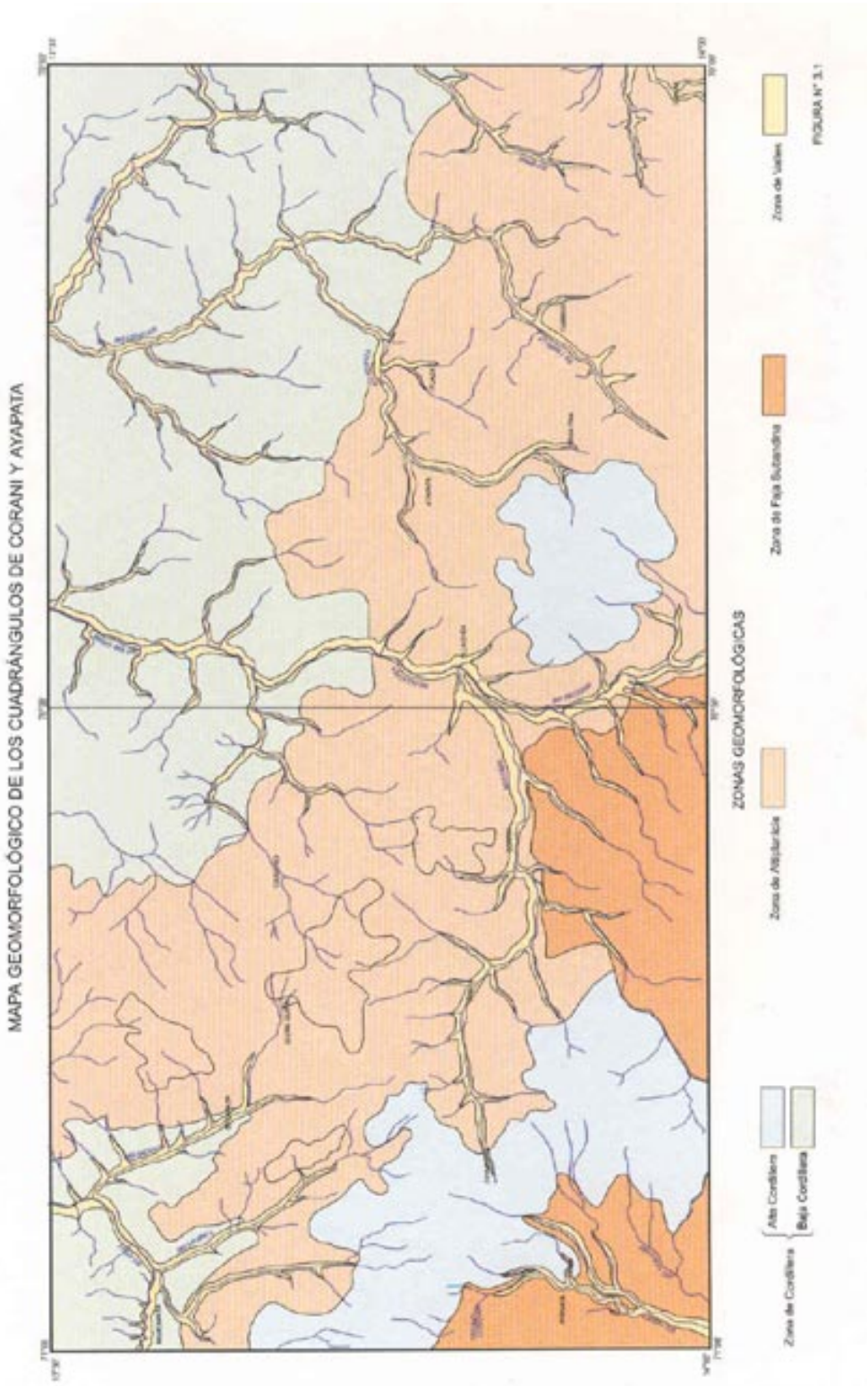

MAPA GEOMORFOLÓGICO DE LOS CUADRÁNGULOS DE CORANI Y AYAPATA
ZONAS GEOMORFOLÓGICAS
Zona de Cordillera
Alta Cordillera
Baja Cordillera
Zona de Altiplanicie
Zona de Faja Subandina
Zona de Valles
FIGURA N° 3.1

Foto 3.1 Nevado Allin Ccapac – Sub Zona de Alta Cordillera. Vista hacia el Este desde la altiplanicie de los Volcánicos Quenamari

Foto 3.2 Laguna Coronacocha y típico valle en U de origen glacial – Sub zona de Baja Cordillera

3.2 ZONA DE ALTIPLANICIE

Esta zona se ubica en el flanco suroccidental de la Cordillera Oriental e inmediatamente al pie de las cumbres nevadas, se encuentra a una altitud entre 4 500 y 4 700 msnm.

Esta altiplanicie tiene una inclinación entre 3º y 5º hacia el NE explicable por el buzamiento de los estratos de las ignimbritas entre 5º y 8º hacia el NE (Foto N° 3.4).

Debido a que las ignimbritas presentan una litología de fácil meteorización, se ha desarrollado un relieve suave bisectado por quebradas de fondos amplios, por donde discurren riachuelos con poco caudal, estas quebradas son poco profundas y sus paredes tienen pendientes suaves; sólo forman pequeños cañones cerca de la desembocadura al río Macusani y al río Corani.

Siguiendo la inclinación de la estratificación de las ignimbritas así como de la superficie de la altiplanicie el sentido del drenaje también es hacia el NE.

En esta zona hay que destacar la presencia de bosques de piedra espectaculares como el de la quebrada Yurac Ccaja y de los alrededores de Huanca Huanca.

Esta zona de Altiplanicie se encuentra interrumpida por el nevado Ananta el cual aisla una porción de ésta en la esquina SO del cuadrángulo de Corani. En esta esquina se presenta una morfología compuesta por suaves colinas y quebradas de fondos amplios con reflejo de material fluvioglaciar recubierto de suelos con vegetación (Cuaternario aluvial).

3.3 ZONA SUBANDINA

Esta zona forma parte de una zona geomorfológica mayor que, en nuestro país, se denomina “Faja Subandina”, la cual se extiende paralela a la Cordillera Oriental, como una zona de transición entre esta cordillera y el llano amazónico (Foto N° 3.5).

Se caracteriza por su relieve accidentado, conformado por una cadena de cerros con altitudes que disminuyen progresivamente hacia el Noreste desde los 3 800 msnm junto a la cordillera, hasta los 1 500 msnm dentro de nuestra zona de estudio (esquina noreste del cuadrángulo de Ayapata). Su relieve accidentado, es consecuencia del fuerte bisectamiento a que esta sometido este territorio por acción de los numerosos cursos de agua que sobre él discurren. Es zona de fuerte erosión, los valles tienen forma de V, con un fondo muy angosto y paredes laterales muy empinadas. Debido al clima lluvioso de esta zona y la fuerte erosión, los taludes pierden estabilidad produciéndose derrumbes y deslizamientos. Los ríos tienen una fuerte pendiente, es frecuente la presencia de cascadas, rápidos y caídas de agua por las paredes laterales de los valles debido a la desembocadura de quebradas colgadas.

El drenaje de los ríos más importantes es de tipo dendrítico grueso pero la mayor parte de afluentes forman un drenaje subparalelo; estos afluentes están separados por cadenas de cerros con una pendiente general hacia el NE.

3.4 ZONA DE VALLES

La zona de estudio comprende una parte de la Cordillera Oriental y, como se puede observar en las hojas topográficas correspondientes (28-u y 28-v), este territorio se encuentra fuertemente bisectado por numerosos ríos, riachuelos y arroyos. Entre los ríos principales cabe mencionar los siguientes:

En el cuadrángulo de Ayapata: los ríos Inambari, Macusani-Ollachea-San Gabán, Ayapata, Tambillo, Esquilaya, Chiamayo, Paco Bamba, Icaco, Huaccollo, Choquepata, Curcuni, Espíritu, Ituata, Huchuhuma y Coasa.

En el cuadrángulo de Corani: los ríos Macusani, Marcapata-Araza, Chimboya-Corani, Socapata, Sayapata, Isivilla, Querani Mayu, Chía Mayu, Quicho Mayu, Lacca Mayu, Palca, Puma Chanca, Toccoruni, Huancané y Phinaya.

Todos estos ríos comparten, de manera general, características morfológicas, hidrológicas y de régimen. Todos ellos, salvo los que nacen de la unión de otros ríos (río Inambari por ejemplo), tienen origen glaciar, pues se originan en uno u otro flanco de la cordillera y, por tanto, el valle, en sus nacientes, presenta sección transversal en "U", la cual cambia progresivamente río abajo a sección transversal en "V", de origen fluvial. Asimismo, estos valles presentan variadas direcciones a lo largo de su perfil longitudinal, debido a un control estructural, ya que las rocas sobre las cuales se han formado, se encuentran fuertemente fracturadas, falladas y plegadas como consecuencia de las diversas fases de deformación tectónica que han actuado sobre ellas durante la formación de la Cordillera de los Andes.

A continuación describiremos ocho principales valles que se distinguen del resto por su longitud y amplitud de cuenca de recepción así como por la amplitud de su sección transversal.

Valle del río Inambari

El río Inambari es el río más importante de esta región y se constituye en el nivel de base de casi todo el sistema de drenaje del área de estudio, a excepción del área de la esquina suroeste del cuadrángulo de Corani, flanco suroeste de la Cordillera, que tiene su red de drenaje relacionada a la cuenca del río Vilcanota a través de los ríos Phinaya, Callanca y Salcca, estos dos últimos ríos dentro del cuadrángulo de Sicuani.

Foto 3.3 Pueblo de Ollachea – Sub Zona de Baja Cordillera y Valles – Vista hacia el NO desde el camino de Ollachea a Ayapata, se observa la fuerte pendiente de las laderas del valle, los cambios de la dirección del cauce del río y la abundante vegetación.

Foto 3.5 Valle del río Esquilaya – Zona Subandina y Zona de Valles – Vista hacia el N desde el camino de herradura

Foto 3.4 Altiplanicie de los Volcánicos Quenamari – Zona de Altiplanicie
Vista hacia el NO desde la carretera Macusani-Ayapata
Nótese la ligera pendiente de la altiplanicie hacia el NE.

Este río tiene sus nacientes en la confluencia de los ríos Huari-Huari y Sandia y luego de un recorrido de aproximadamente 100 kilómetros, ingresa al área de estudio por la esquina NE del cuadrángulo de Ayapata.

El valle presenta su perfil transversal en "V" con laderas de fuerte pendiente. (entre 40° y 50°), que disminuye hacia el Noroeste; su fondo es muy estrecho, casi íntegramente ocupado por el cauce del río Inambari hasta la altura de la quebrada Choruni, afluente de su margen izquierda. A partir de este lugar, el fondo se amplía paulatinamente hacia adelante, alcanzando un ancho de 200 a 500 metros, formando playas y pequeñas terrazas en la confluencia con algunos tributarios menores. La diferencia de altura entre su fondo y los bordes superiores de sus laderas es de 800 a 1 000 metros. La pendiente longitudinal de su cauce es de 0.29%, en promedio.

Valle del río Tambillo

Este río se origina junto al límite sur del cuadrángulo de Ayapata, con el nombre de Yurac Cancha. La parte inicial de su valle es de origen glaciar y su sección transversal en "U" se encuentra actualmente deformada por la acción fluvial y por los restos de las morrenas laterales que depositaron los glaciares que crearon dicho valle. Hasta la localidad de Jutisa, un kilómetro al Sur del pueblo de Tambillo, las rocas que se encuentran en este valle corresponden al Grupo Mitu (sedimentarias y volcánicas) y al Batolito de Coasa (granitos) y su dirección está bien definida, de Suroeste a Noreste, concordante con la pendiente del terreno. A partir de Tambillo, el curso del valle se torna divagante; las rocas que se atraviesan en este tramo son las cuarcitas de la Formación Sandia. También, desde esta localidad hasta su unión con el río Ayapata, este valle es estrecho y con laderas de fuerte pendiente (40° a 50°), lo que sumado a su fuerte pendiente longitudinal (8,16%), ha imposibilitado la formación de terrazas fluviales que hubieran beneficiado a los pobladores de la zona.

Valle del río Ayapata

El río Ayapata se origina en el lado este del nevado Chichiccápac, en el conjunto de lagunas Jatún Huiscani Cocha, Negro Salto y Joshnecocha, por lo que la parte inicial de su valle es también de origen glaciar, manteniendo su sección transversal en "U" hasta la latitud del cerro Carhuacalle, tres kilómetros al Noreste del pueblo de Ayapata. Las rocas que cortan este tramo son las rocas del Grupo Mitu, el plutón de sienita nefelínica y cuarcitas de la Formación Sandia, la misma que corta hasta su unión con el río Tambillo. El valle es angosto y de cauce estrecho con laderas de fuerte pendiente y con una inclinacion longitudinal de 7.19%. El único tramo donde el valle se amplía es entre las localidades de Kana y Humaccata-Ccopaucu, donde existen terrazas que han favorecido el cultivo de diversos productos como papas, habas, occa, cebada y verduras.

Valle del río Esquilaya

El río Esquilaya nace por la confluencia de los ríos Tambillo y Ayapata, en la latitud de la localidad de Pucara Mocco, un kilómetro al Noroeste del caserío de Casili, a orillas del río Tambillo. Las rocas que se cortan en este valle son las cuarcitas de la Formación Sandia y pizarras del Grupo San José.

Siendo un río de origen fluvial su sección transversal es en "V" con laderas de fuerte pendiente (40° a 60°); su cauce es tan estrecho que en la mayor parte de su recorrido se reduce al espacio ocupado por el agua (Foto N° 3.5). El desnivel entre su fondo y los bordes superiores de sus laderas fluctúa entre 475 m a 650 m. Su pendiente longitudinal es de 2.60% en promedio. Es un río torrentoso por lo estrecho e irregular del fondo de su cauce y su notable caudal. En este valle también hay pequeñas playas y terrazas ubicadas en la confluencia con sus tributarios secundarios.

Valle del río Macusani-Ollachea-San Gabán

El río Macusani nace al pie del nevado San Francisco aproximadamente a 18 km al Sur del pueblo de Macusani, el cual queda ubicado a 8 km al Sur del área de estudio. Hasta su confluencia con el río Corani toma el nombre del río Macusani y de allí hasta la localidad de Tunquini toma el nombre de río Ollachea; de allí hasta su confluencia con el río Marcapata-Araza (fuera del área de estudio) toma el nombre de río San Gabán.

El valle de este río es de origen glaciar en la cuarta parte inicial de su longitud, el resto es de origen fluvial y ha sido formado sobre rocas de diversa naturaleza como las ignimbritas Macusani, volcano-sedimentarias del Grupo Mitu, sienita nefelínica, dioritas y granodioritas del intrusivo San Gabán y las cuarcitas de la Formación Sandia.

A lo largo de su recorrido presenta diferentes direcciones locales pero mantiene una dirección general predominante, que en el área de estudio es S-N.

Desde sus nacientes hasta la localidad de Huiquisa el valle es poco profundo, con laderas de suave pendiente (20° a 30°) y cauce ancho y plano. A partir de esta localidad, el valle se hace cada vez más profundo, sus laderas presentan pendientes más fuertes (45° a 60°) y el cauce se estrecha considerablemente. El estrechamiento de su cauce y la fuerte pendiente longitudinal (7% en promedio) han impedido la formación de más grandes y numerosas terrazas fluviales que hubieran favorecido el desarrollo agrícola y ganadero de la zona.

Valle del río Chimboya-Corani

El río Chimboya se origina al pie de los nevados Millo, San Braulio y Jurcay Cuchillo. Su valle es por tanto, de origen glaciar desde sus nacientes hasta la localidad de Palca-Pampa, lugar a partir del cual el proceso fluvial ha labrado el valle hasta su desembocadura en el río Macusani. Desde su inicio hasta la altura del cerro Huancasay, ubicado a 5 km al Oeste del pueblo de Corani, el lecho del río es relativamente plano y ancho, fluctuando entre 200 y 500 m, sus laderas son de suave pendiente (25°-30°) pero, a partir de este lugar, el valle se estrecha progresivamente, sus laderas acentúan su pendiente (40° - 60°), quedando su lecho reducido al cauce por donde fluye el agua. Esto se explica porque el río en este sector corta rocas plutónicas y volcano-sedimentarias del Grupo Mitu.

Valle del río Phinaya

El río Phinaya, en la actualidad, se origina por la confluencia de los ríos Putto **y** Alccachaya, cuyas nacientes se ubican en el flanco suroeste de los nevados Montura, Huila Acce, Paco, Sacsa Ananta y Cerro Loma. Todos estos ríos ocupan un antiguo y amplio valle glaciar, labrado con una dirección general N-S y que aún conserva su sección transversal en "U", sección que se encuentra disimulada por los extensos remanentes de morrenas laterales y frontales que vienen siendo paulatinamente erosionadas. Las rocas sobre las cuales se ha formado corresponden a areniscas y lutitas del Grupo Ambo, brechas sedimentarias, conglomerados, areniscas, limolitas y andesitas del Grupo Mitu e ignimbritas Macusani.

Este valle es de laderas de suave pendiente (15°-30°) y su lecho es paulatinamente más amplio hacia el Sur, lo que sumado a su suave pendiente longitudinal (2.0%) ha favorecido la formación de terrazas fluvio-glaciares y fluviales donde los pobladores del lugar han logrado un incipiente desarrollo agrícola y ganadero.

Valle del río Marcapata-Araza

El río Marcapata-Araza se origina por la confluencia del río Marcapata, que nace en el nevado Huaychailluni, ubicado en el lado Este del cuadrángulo de Ocongate (vecino del cuadrángulo de Corani) y de un río sin nombre que nace en los nevados Ananta y Huamanlipani, ubicados en el lado Norte de dicho cuadrángulo. Los valles de estos ríos son de origen glaciar y conservan su morfología hasta la localidad de Cachíua, 2 km al Este del pueblo de Marcapata, donde se unen para originar el río Marcapata o Araza, cuyo valle es de origen fluvial.

Las rocas sobre las cuales este río ha labrado su valle son intrusivas (dioritas y granodioritas) y metamórficas (cuarcitas de la Formación Sandia).

El valle es estrecho en su inicio, haciéndose cada vez más amplio hacia adelante, lo que ha permitido a su vez, la formación de un fondo plano de 100 a 200 metros de ancho, por donde el río a labrado su cauce actual. Su perfil transversal en "V" es de laderas con pendientes de 45° a más y con diferencia de altura entre su fondo y los bordes superiores de sus laderas, del orden de los 800 a 1 000 m. Su perfil, longitudinal (dentro del área de estudio) presenta una pendiente promedio de 6.0%, lo que nos indica que es un río de fuerte y agitada corriente.

Este valle constituye en la actualidad una importantísima ruta de acceso a la llanura amazónica pues en él se ha trazado la carretera que une la ciudad del Cusco con Puerto Maldonado, capital del departamento de Madre de Dios.

3.5 GEODINÁMICA EXTERNA

Los procesos geodinámicos externos que tienen lugar en la zona de estudio, son los correspondientes a los procesos de erosión-sedimentación fluvial y de deslizamiento de suelos.

Procesos de Erosión-Sedimentación

Estos procesos se desarrollan en ambos flancos de la cordillera, aunque en forma más acentuada en el flanco oriental ya que en el flanco occidental estos se desarrollan con mínima intensidad, debido a las escasas precipitaciones pluviales que ocurren en esta parte.

En el flanco oriental, las precipitaciones pluviales son mayores, la diferencia de altura entre las cumbres nevadas y el llano amazónico es del orden de los 3 500 y 4 000 m, la pendiente de los cauces de los ríos es más fuerte así como el caudal es mayor en comparación con el de los ríos del flanco occidental. Estas características hidrológicas y geomorfológicas de este flanco favorecen el proceso de erosión fluvial dentro de los límites de la zona de estudio. Sin embargo, el proceso de sedimentación ocurre pero, muy atenuado y limitado a algunos puntos de confluencia entre dos ríos, como es el caso de la confluencia de los ríos Marcapata - Sayapata, Marcapata-Socapata, Macusani-Corani, Ollachea-Chiamayo, San Gabán-Huari Huari y Ayapata-Tambillo, donde se han formado pequeñas terrazas fluviales cuyas dimensiones, forma y potencia es modificada de tiempo en tiempo, según la intensidad de las avenidas de los ríos.

Proceso de Deslizamiento de Suelos

Este proceso se desarrolla también en el flanco oriental más notoriamente que en el flanco occidental y se localiza en las laderas de los valles principales de la zona, debido a la fuerte pendiente de dichas laderas, cuya inclinación fluctúa entre los 45º y 60º.

El deslizamiento más reciente ocurrido en la zona, se produjo en la localidad de Turubamba, ladera occidental del cerro Llactapata, margen derecha del río Marcapata y frente al caserío de Chile Chile, cuadrángulo de Corani. Este deslizamiento comprometió un espacio de 50 m de largo por 15 m de ancho, afectando el camino de herradura que comunica el caserío de Raqchipata con los caseríos ubicados a lo largo del valle del río Socapata, como San Isidro, Chacarra, Socapata, Chunuane, y otros.

3.6 IMPACTO AMBIENTAL

En las inmediaciones de la localidad de Yuncapampa y del caserío Casili se ubican el mayor número de minas de oro, como Santa Teresa, Valencia, Bellavista, Media Naranja, Balcón de Oro, Banco Mayo, Huinco y Vicuña.

Debido a esta concentración de minas es que en este lugar viene ocurriendo un proceso de contaminación ambiental, principalmente del agua y de la atmósfera, debido al proceso de amalgamación y pirometalurgia a que se somete el mineral extraído de dichas minas.

Si tenemos en cuenta que el proceso extractivo y el tratamiento metalúrgico son realizados de manera casi artesanal y empírica debido a que el personal técnico es escaso, de permanencia temporal, y el personal obrero apenas tiene educación primaria, podemos asumir que el proceso de recuperación, del mercurio empleado para la amalgamación del oro, sea del orden del 50% al 60%, perdiéndose el 40% del total empleado.

Considerando además, que el tiempo promedio de explotación de estas minas es de 8 años, concluiremos que el proceso de contaminación ambiental se hace cada vez más fuerte y más amplio, en la medida que la explotación se intensifique y se prolongue por más tiempo.

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LOS CUADRÁNGULOS DE CORANI Y AYAPATA

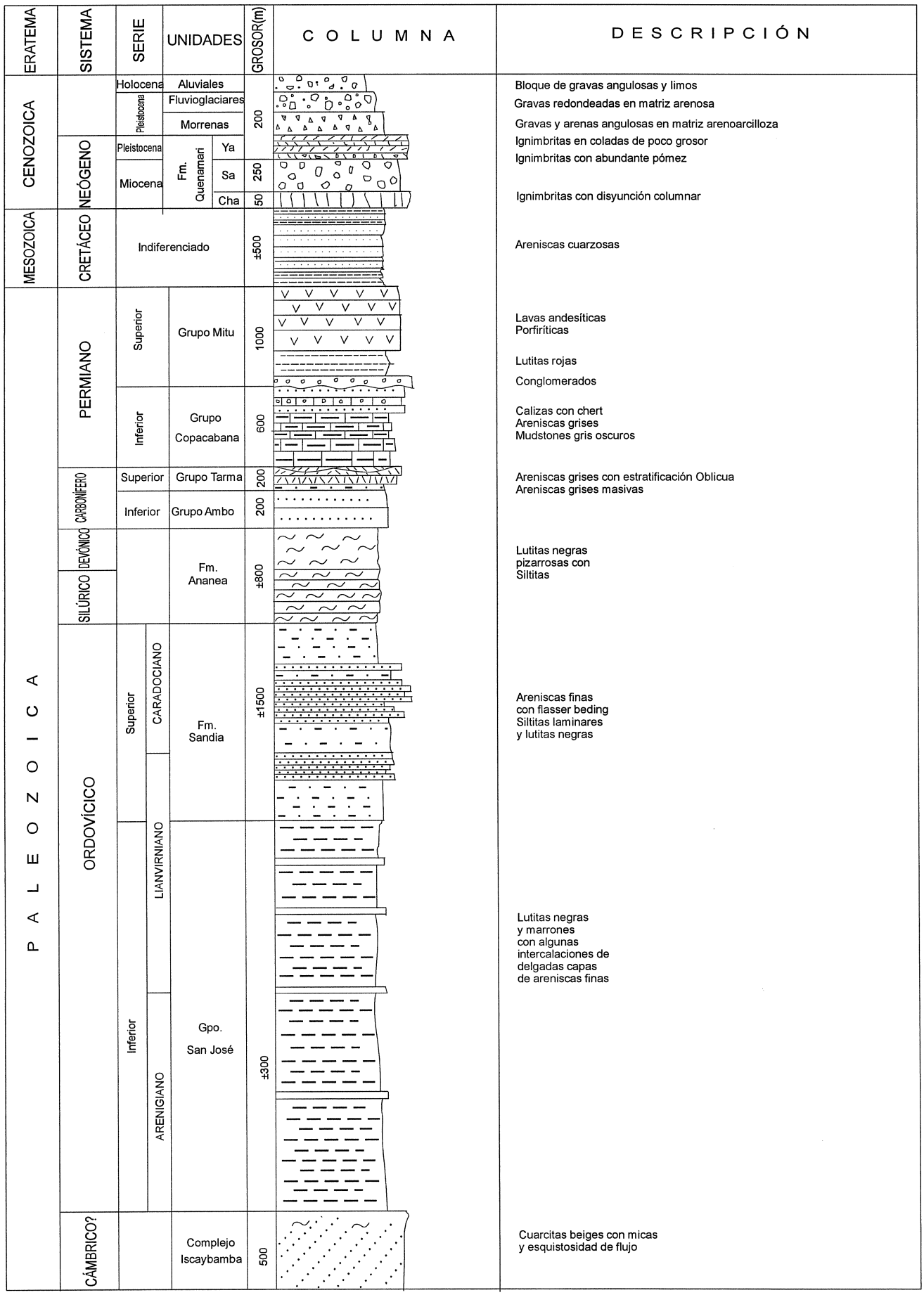


Fig. N° 4.1

Capítulo IV

ESTRATIGRAFÍA

INTRODUCCIÓN

En los cuadrángulos de Corani y Ayapata afloran rocas cuyas edades van desde el Cámbrico hasta el Cuaternario.

El Paleozoico inferior, está representado por: el Complejo de Iscaybamba, el Grupo San José, la Formación Sandia y la Formación Ananea (Fig. N° 4.1). Aflora en la mayor parte de ambos cuadrángulos, a excepción del complejo de Iscaybamba que solo se encuentra en el extremo norte del cuadrángulo de Corani.

El Paleozoico superior está representado por: el Grupo Ambo, el Grupo Tarma, el Grupo Copacabana y el Grupo Mitu, afloran en forma parcial, generalmente limitados por fallas. Una angosta faja de afloramientos del Cretáceo se presentan en la esquina NE del cuadrángulo de Ayapata, en contacto fallado con la Formación Sandia.

El Cenozoico está representado por ignimbritas de la Formación Quenamari que afloran principalmente en la parte sur del cuadrángulo de Corani.

Una serie de depósitos morrénicos, fluvioglaciares y aluviales completan la estratigrafía de ambos cuadrángulos.

Hay que señalar que la secuencia estratigráfica está atravesada por un plutonismo de diferentes edades, de manera que se presentan cuerpos intrusivos distribuídos en ambos cuadrángulos.

4.1 PALEOZOICO

4.1.1 PALEOZOICO INFERIOR

Complejo Iscaybamba

Este complejo se encuentra ampliamente desarrollado en el Cuadrángulo de Quincemil situado al Norte del cuadrángulo de Corani, donde el Complejo Iscaybamba aflora

sólo en el extremo norte. Sus afloramientos se presentan en el río Marcapata, 2 km aguas abajo de la hacienda Tío, por ambas márgenes del río. Otro afloramiento se presenta en el cuadrante NE del cuadrángulo de Corani en los Cerros Puca Pausi, Acirani y Purumpampa, en este sector debido a la cubierta vegetal se ha inferido que los contactos tanto con el Grupo San José como con la Formación Sandia serían por fallas.

En el área de estudio este complejo está compuesto por una sucesión de cuarcitas en capas de 50-80 cm, intercalándose paquetes gruesos de esquistos de más de 5 m de grosor. La mineralogía de los esquistos esta constituída por cuarzo, sericita, muscovita. En las cuarcitas se observa esquistosidad de flujo con contenido de muscovitas y sericita.

Esta unidad en el río Marcapata, 2 km aguas abajo de la hacienda Tío tiene una dirección N75º y buzamiento 65º al SO, en este mismo lugar esta unidad es intruida por un pequeño stock diorítico el cual presenta una moderada foliación, visible en el ordenamiento de los minerales ferromagnesianos.

Edad y Correlación

LAUBACHER G. (1981) en su trabajo realizado conjuntamente con INGEMMET sobre la evolución geomorfológica con relación a la acumulación de placeres en la cuenca de Quincemil reconoce el complejo de Iscaybamba en el valle del río Marcapata, posteriormente PALACIOS et al. (1996) en el levantamiento geológico del cuadrángulo de Quincemil indica que el complejo Iscaybamba está compuesto por esquistos arenosos, anfibolitas, andesitas y ortogneis y que se encuentra por debajo de las rocas ordovícicas, por lo cual al igual que LAUBACHER G. (1978) le asigna una edad Cámbrica a Precámbrica terminal, la cual se le asigna también a los afloramientos del mismo complejo situados en el extremo norte del cuadrángulo de Corani. Hay que señalar sin embargo la necesidad de mayores estudios tanto petrográficos como dataciones de este complejo a fin de comprobar su composición y edad.

Grupo San José

Fue reconocido por LAUBACHER G. (1978) con el nombre de Formación San José. Posteriormente DE LA CRUZ, N. Y CARPIO, M. (1996) la elevan a la categoría de Grupo en el valle de San José (cuadrángulo de Sandia-San Ignacio); con un grosor que excede los 3 000 metros.

En el área de estudio los afloramientos de mayor extensión se presentan en el cuadrángulo de Ayapata, conformando una franja de orientación ONO-ESE la cual corre paralela al río Inambari; esta misma franja continua por el extremo norte del cuadrángulo de Ayapata y de Corani.

Este Grupo ha sido estudiado en el cuadrángulo de Ayapata a lo largo del camino que va de Tambo de Sachapata a Esquilaya río Inambari; (Foto N° 4.1) el contacto superior con la Formación Sandia es por una falla inversa, que hace subir al Grupo San José sobre la Formación Sandia.

En estos afloramientos el Grupo San José se encuentra plegado y afectado en algunas zonas por una esquistosidad subparalela a la estratificación. Aparte del plegamiento, la espesa cubierta vegetal impide tener una sección contínua de este Grupo, por lo que la litología que a continuación se describe es en base a afloramientos parciales. La parte inferior que aflora en Esquilaya hacia el río Inambari está compuesta por lutitas pizarrosas marrones, gris oscuras, con un brillo característico gris plomizo, se presentan en paquetes de más de 10 m de grosor, su estructura interna es mayormente masiva, sin embargo en algunos paquetes se observa una laminación plano paralela milimétrica, en algunos afloramientos, también se ha podido observar pirita diseminada.

La parte superior que aflora en el cerro Choquepata esta constituida por lutitas negras, gris oscuras con laminación milimétrica plano paralela en capas de 10 a 20 cm; intercalan algunos niveles de siltitas arcillosas que meteorizan a un característico color amarillento, estos niveles intercalan en mayor proporción a medida que se acerca al contacto con la Formación Sandia.

Las características sedimentarias de este Grupo, como sedimentación esencialmente arcillosa con laminación milimétrica y presencia de pirita diseminada, sugieren un medio ambiente de llanura distal de cuenca (basin plain), con cuenca en déficit de aportes detríticos. Esta unidad podría tener un buen contenido de materia orgánica que además puede haberse preservado, hay ausencia de bioturbación, la pirita sugiere también condiciones reductoras. Este grupo podría constituir una buena roca madre para la generación de petróleo en lugares donde no esté afectada por el metamorfismo.

Edad y Correlación

No ha sido posible encontrar fósiles dentro de esta formación, sin embargo por su similitud litológica y características sedimentarias descritas en los cuadrángulos de Sandia y Limbani, se le asigna una edad del Ordovícico medio-inferior, asimismo, por su posición estratigráfica infrayacente a la Formación Sandia.

Formación Sandia

Reconocida por LAUBACHER G. (1973) en el valle del río Sandia, esta formación aflora en una franja contínua en el flanco NE de la Cordillera Oriental del Sur del Perú.

En los cuadrángulos de Ayapata y Corani la Formación Sandia se presenta en extensos afloramientos que ocupan la parte central de ambos cuadrángulos; así en el cuadrángulo de Ayapata los afloramientos conforman una franja de más de 20 km de ancho, que corre en forma subparalela al río Inambari con una dirección SO-NE; hacia el cuadrángulo de Corani esta dirección estructural se torna ESE - ONO. El contacto SO con la Formación Ananea se realiza por intermedio de una falla inversa de alto ángulo (Falla Ollachea), el contacto NE con el Grupo San José es por falla.

La Formación Sandia en el área de estudio se encuentra afectada por un plegamiento algo apretado que da lugar a anticlinales y sinclinales ligeramente inclinados hacia el SO; afecta a esta formación una esquistosidad de fractura mayormente desarrollada en sus intervalos más finos dando lugar a pizarras. En esta formación se han emplazado la mayor parte de cuerpos intrusivos.

No se ha podido localizar una sección contínua pero el grosor de esta formación se estima en 1,500 m.

La litología de la Formación Sandia está compuesta por areniscas cuarzosas de grano fino a medio, siltitas y pizarras.

La parte inferior de la Formación Sandia observada en los alrededores de Casilli y en el cerro Chillica por el camino de Tambo de Sachapata-Esquilaya (cuadrángulo de Ayapata) está compuesta por areniscas de grano fino a medio en capas de 20 a 40 cm de grosor, las cuales a su vez forman paquetes en capas de hasta 10 cm de grosor; en estos paquetes intercalan delgados niveles de pizarras negras. La estructura interna de los capas de areniscas son dunas de 3 a 5 cm de longitud de onda y lentillas de arcilla formando típicas estructuras de flasser bedding algunos tipos de estructuras como wave bedding lenticular bedding, también están presentes, (Foto N° 4.2). Estas características sedimentarias de esta parte de la Formación Sandia sugieren ambientes tidales.

La parte superior de la Formación Sandia (Fig. N° 4.2) (columna parcial levantada en el cerro Cuntani por la carretera que va de la quebrada Tambillo a Ituata) (Foto N° 4.3), está compuesta por areniscas de grano fino a medio en capas de 2 a 4 m de grosor; la estructura interna de estas capas es laminación plano paralela y centimétrica, dunas de 5 - 10 cm de longitud de onda y algunas veces estratificación oblícua. En esta columna también se observa pirita diseminada en las areniscas de la parte inferior. Las características sedimentarias de esta parte de la Formación Sandia sugieren ambientes de plataforma silicoclásticas con facies tidales.

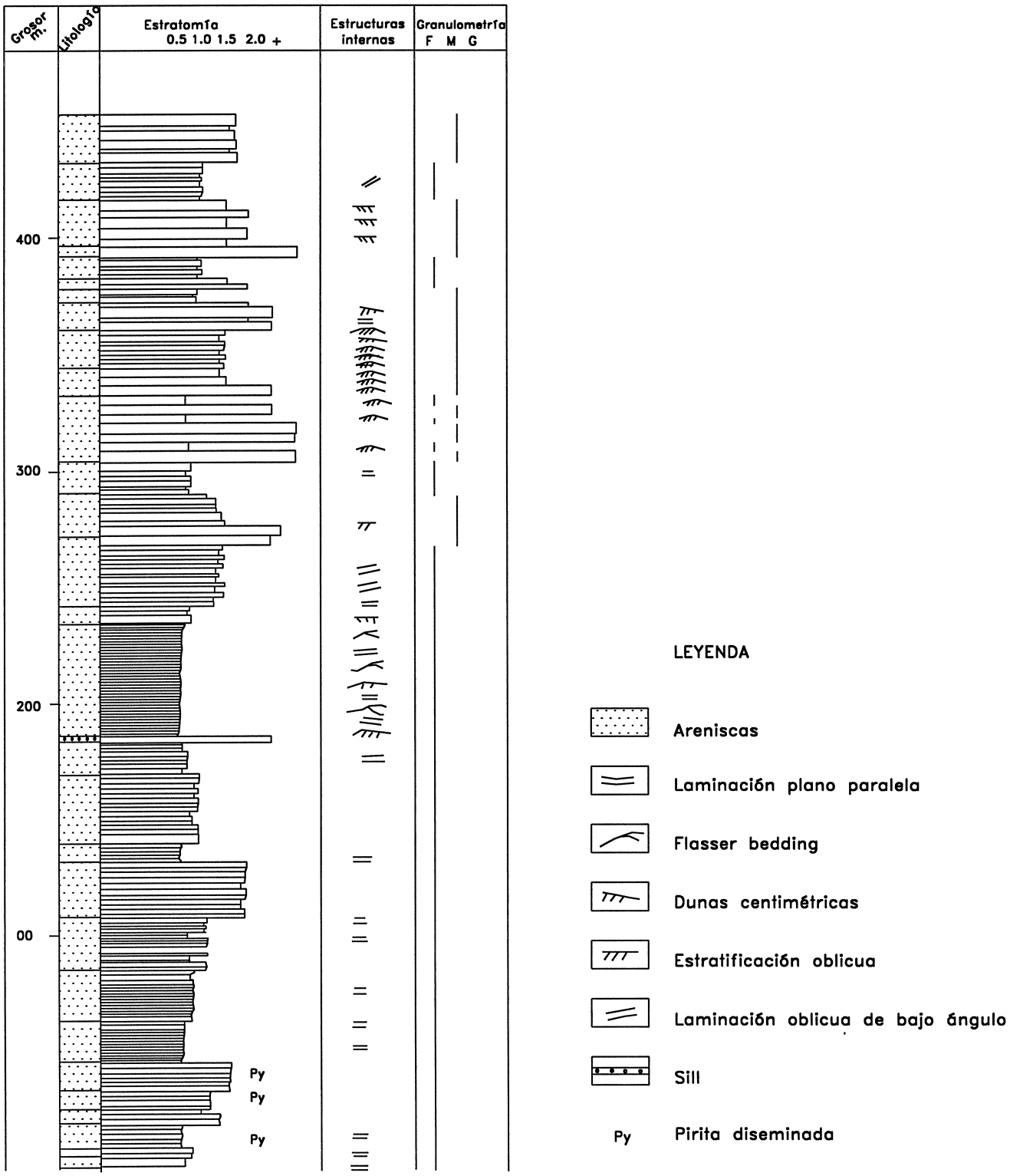


Fig. 4.2 Columna parcial de la Formación Sandia

Foto 4.1 Grupo San José en el cerro Ucumarine, margen izquierda del río Choquepata. Vista al NO.

Foto 4.2 Formación Sandia. Estructuras de tipo *Wave bedding* y *lenticular bedding* dentro de la Formación Sandia, foto de detalle en el río Quinsamayo al Este de Casilli.

Edad y Correlación

No ha sido posible encontrar fósiles pero se le asigna como edad el Ordovícico superior por su posición estratigráfica, infrayace a la Formación Ananea y suprayace al Grupo San José. De igual manera por su similitud litológica y características sedimentarias descritas en los cuadrángulos de Rinconada, Sandia, Limbani en los cuales se puede ver que la Formación Sandia es una plataforma silicoclástica con facies tidales.

Formación Ananea

Fue denominada así por LAUBACHER G. en la localidad de Ananea, situada en la Cordillera Oriental asignándole como edad el Siluro-Devoniano.

En el área de estudio esta formación aflora en el cuadrángulo de Ayapata y en el de Corani: En el cuadrángulo de Ayapata aflora en el cuadrante SO, así mismo en los Cerros Quenua Loma, Asnune, Ticayoc Cunca, Ancara situados al Norte de Coasa. También aflora en los alrededores de Ollachea en una franja E-O que se prolonga hacia el cuadrángulo de Corani; ocupando las partes más altas de la margen izquierda del valle del río Corani. Los afloramientos más amplios se presentan en la parte central del cuadrángulo de Corani, entre los ríos Lacca, Cosco Cucho, los nevados Chaquirioc, Ananta, Colque Cruz. Otro Afloramiento se presenta en los alrededores del caserío de Kachi situado en la parte central oeste del cuadrángulo de Corani.

En el área de estudio la Formación Ananea se presenta incompleta, pero en base a la observación de los diferentes afloramientos se estima un grosor de 800 m. Esta formación se presenta también plegada y afectada de una esquistosidad de fractura.

En una columna medida en la quebrada Ccamara, afluente del río Chimboya, situada en la parte central del cuadrángulo de Corani (Fig. N° 4.3), la Formación Ananea se encuentra plegada en un sinclinal y un anticlinal; el grosor medido alcanza los 450 m distinguiéndose:

Una **parte inferio**r compuesta por siltitas beiges en capas de 40 - 60 cm de grosor, las cuales alternan con pizarras negras (Fotos N° 4.4-4.5) las capas de siltitas contienen micas como sericita, moscovita, clorita.

En la **parte medi**a de esta sección se presentan intercalados 4 sills (Foto N° 4.6), de micro granitos silicificados, contienen también pirita diseminada, estos sills se ubican en el mismo caserío de Ccamara.

La **parte superior** de la Formación Ananea en esta sección está compuesta por una monótona sucesión de lutitas negras pizarrosas, en las cuales a veces es posible observar una

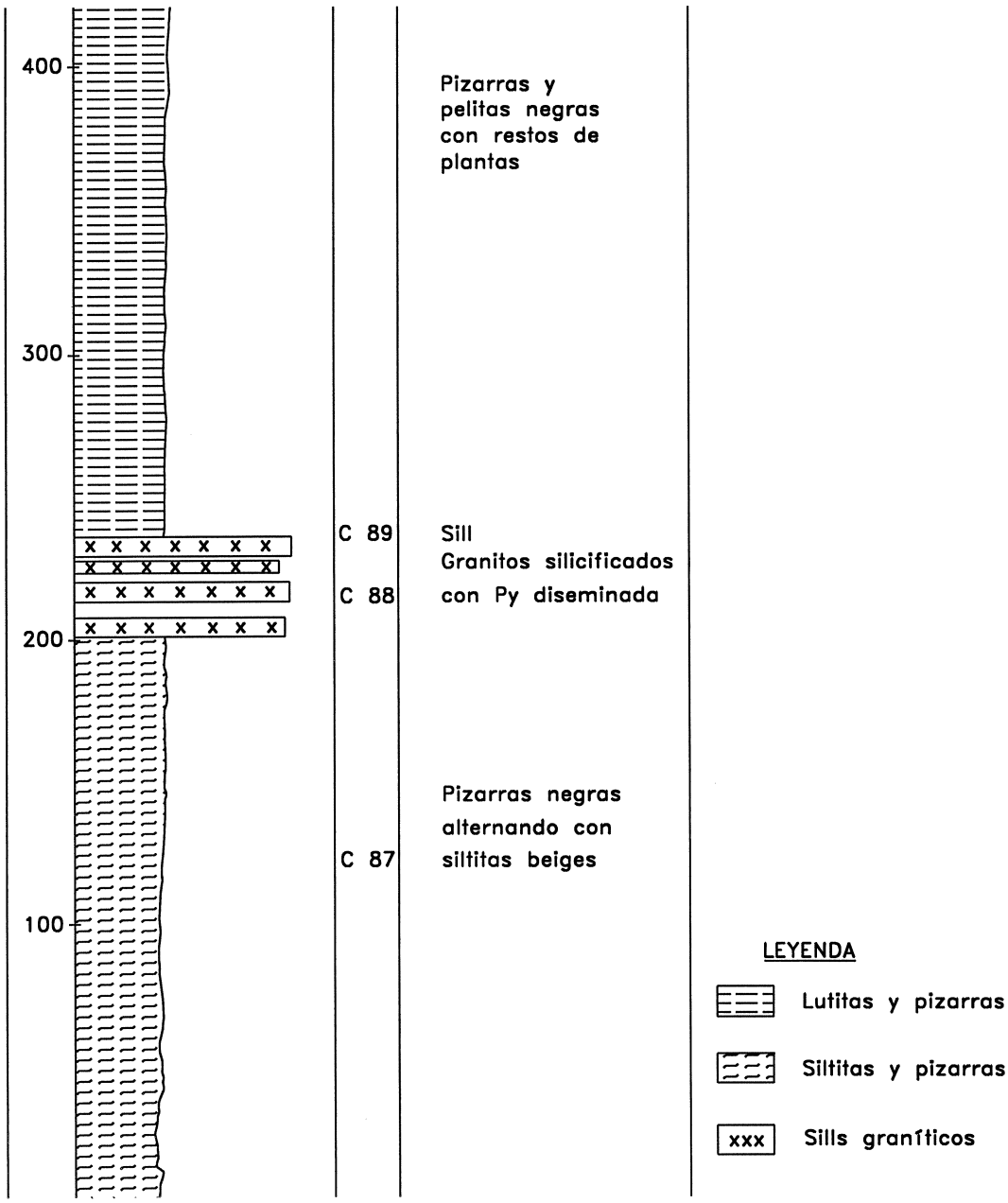


Fig. 4.3 Columna parcial de la Formación Ananea en la Qda. Ccamara

Foto 4.3 Formación Sandia, en el Cerro Huayllatera, al Oeste de la laguna Japu Japu, vista desde la carretera Tambillo – Ituata.

Foto 4.4 Formación Ananea, flanco NO del sinclinal de Ccamara-cerro Accotera, laguna Ccamara.

Foto 4.5 Detalle de la parte inferior de la Formación Ananea, al NE de la laguna Ccamara.

Foto 4.6 Sills graníticos silicificados emplazados en la Formación Ananea en el Caserío de Ccamara, SO de la laguna Ccamara.

laminación plano paralela milimétrica. Algunos paquetes de estas lutitas muestran colores café oscuro y otras beiges, variaciones que podrían deberse al contenido de materia orgánica y material detrítico.

En esta parte se ha encontrado restos de plantas muy fragmentadas y mal conservados debido al metamorfismo que afecta a esta unidad; es notorio el contenido de micas como sericita y cloritas.

Las características sedimentarias correspondientes a siltitas y lutitas con laminación milimétrica, aparentemente con escasa o nula bioturbación sugieren facies de llanura abisal o basin plain en un período de Starved-Basin o cuenca con déficit de aportes detríticos.

Edad y correlación

En esta formación sólo se han encontrado restos de plantas mal conservados. En ausencia de fauna y por correlación con los afloramientos del cuadrángulo aledaño de Nuñoa donde se ha encontrado fauna siluro - devoniana se le asigna la misma edad, según LÓPEZ J.C. (1996).

4.1.2 PALEOZOICO SUPERIOR

Grupo Ambo

Denominado así por NEWELL et al. (1948), teniendo como localidad tipo una sección en Ambo, departamento de Huánuco.

En el área de estudio este grupo se presenta en dos afloramientos no muy extensos; uno se sitúa en el extremo sur central del cuadrángulo de Ayapata en los cerros Huancune, Pichinchine y alrededores de Maychacancha, el otro afloramiento se localiza en los alrededores del caserío de Putto, en el borde central oeste del cuadrángulo de Corani. Los afloramientos en el cuadrángulo de Ayapata se encuentran intruidos por el granito de Coasa en su borde NE. El borde SO está limitado por una falla inversa de alto ángulo que lo pone en contacto con el Grupo Copacabana; aquí el Grupo Ambo está compuesto por areniscas de grano medio en bancos de 40-60 cm de grosor, fuertemente fracturadas e hidrotermalizadas, se observa además silicificación y pirita diseminada y una fuerte coloración rojiza amarillenta destacable en el paisaje. En los alrededores de Putto se observa una sucesión de lutitas negras con restos mal conservados de plantas, algunas intercalaciones en capas de 5-10 cm de grosor de areniscas grises con abundantes micas; siguiendo el corte por el cauce del río Putto se observan algunos paquetes de lutitas con nódulos calcáreos de hasta 20 cm de diámetro, en algunos niveles se notan también estructuras de cone in cone.

Edad y Correlación

Los afloramientos del Grupo Ambo, en el área de estudio son muy parciales, se han reconocido por sus características sedimentarias y litología en el cuadrángulo de Corani y por correlación con los afloramientos aledaños al cuadrángulo de Ayapata, donde se ha encontrado fauna del Carbonífero inferior (DE LA CRUZ J. et al. 1996), asignándole la misma edad para los afloramientos en el área de estudio.

Grupo Tarma

Fue denominado así por DUMBAR y NEWELL, N. A. (1946), su localidad tipo es el cerro Aullabamba, situado al OSO de Tarma.

En el área de estudio, sólo un pequeño afloramiento se presenta en el valle del río Chimboya, en los alrededores de los caseríos de Huasapampa, Pucacancha, y Huacune. En este lugar el Grupo Tarma se encuentra incompleto y limitado por fallas, las cuales lo ponen en contacto con la Formación Ananea hacia el NE y Grupo Mitu hacia el SO.

Una columna estratigráfica (Fig. N° 4.4) levantada en el Cº Occopata, situado en la margen derecha del valle del río Chimboya, muestra que el Grupo Tarma está constituido, por areniscas cuarzosas de grano grueso con graveles, su buena exposición muestra una serie de estructuras sedimentarias que permiten reconocer a este Grupo. En la parte inferior se observa laminación plano paralela, flasser bedding, laminación ondulada, dunas hidráulicas de 1 m de longitud de onda y hacia la parte superior predomina la estratificación oblícua, apreciándose también superficies de erosión y estructuras de canal. Todas estas características sedimentarias sugieren un ambiente de plataforma silicoclástica interna de alta energía, que es característica de la parte superior del Grupo Tarma.

Edad y Correlación

Este único afloramiento del Grupo Tarma en el área de estudio no ha proporcionado material fosilífero, habiéndosele reconocido por sus características sedimentarias.

LÓPEZ, J. C. (1996) en afloramientos similares en la hoja de Nuñoa, identificó una fauna compuesta por *Neospirifer cameratus* (MORTON), *stereochia inca* (D'ORBIGNY); *Phrycodothris guadalupensis peruensis*; (CHRONIC), característica del Carbonífero superior; asignándole la misma edad al afloramiento del cuadrángulo de Corani.

Grupo Copacabana

Fue estudiado en la Península de Copacabana por DOUGLAS J. (1914), KING (1930) le asigna una edad Permiana inferior; CABRERA LA ROSA, A. y PETERSEN G. (1936), la definen como Formación Copacabana, siendo elevada a Grupo por DUMBAR y NEWELL, N. (1946).

En el área de estudio aflora en el cuadrángulo de Ayapata en el extremo sur central, en la falda NE del cerro Chillintaya y cerro Pirhuani, estos afloramientos se encuentran limitados hacia el NE por una falla inversa de alto ángulo que pone al Grupo Ambo contra el Copacabana, hacia el SO reposa discordantemente debajo del Grupo Mitu, (Foto N° 4.7). En el área de estudio el Grupo Copacabana se encuentra afectado por una alteración hidrotermal, que se manifiesta en una fuerte silicificación acompañada de pirita diseminada, que le confiere colores rojizos y amarillentos muy característico en el paisaje. En el cerro Chillintaya se ha levantado una columna estratigráfica en la que se ha medido 600 m (Fig. N° 4.5). La parte inferior está constituida por una sucesión de calizas gris oscuras (mudstone) en estratos de 5 a 10 cm de grosor los cuales forman paquetes de 10 a más de 20 m, la estructura interna de los mudstone es mayormente una laminación milimétrica plano paralela, tienen olor fétido en fractura fresca, es notoria una silicificación y un contenido de pirita diseminada, intercalan también algunos estratos con coquinas o pelecípodos y gasterópodos y algunos capas conteniendo productidos y espiriféridos.

La parte superior contiene intercalaciones de capas gruesas de areniscas cuarzosas, con estratificación oblicua y una gruesa sucesión de calizas negras en capas de 20 a 30 cm con abundante chert (Foto N° 4.8).

Termina esta columna con areniscas grises de grano fino en capas de 40 a 60 cm de grosor.

Las características sedimentarias del Grupo Copacabana sugieren una plataforma mixta silicoclástica como se viene reconociendo regionalmente en los Andes del Sur.

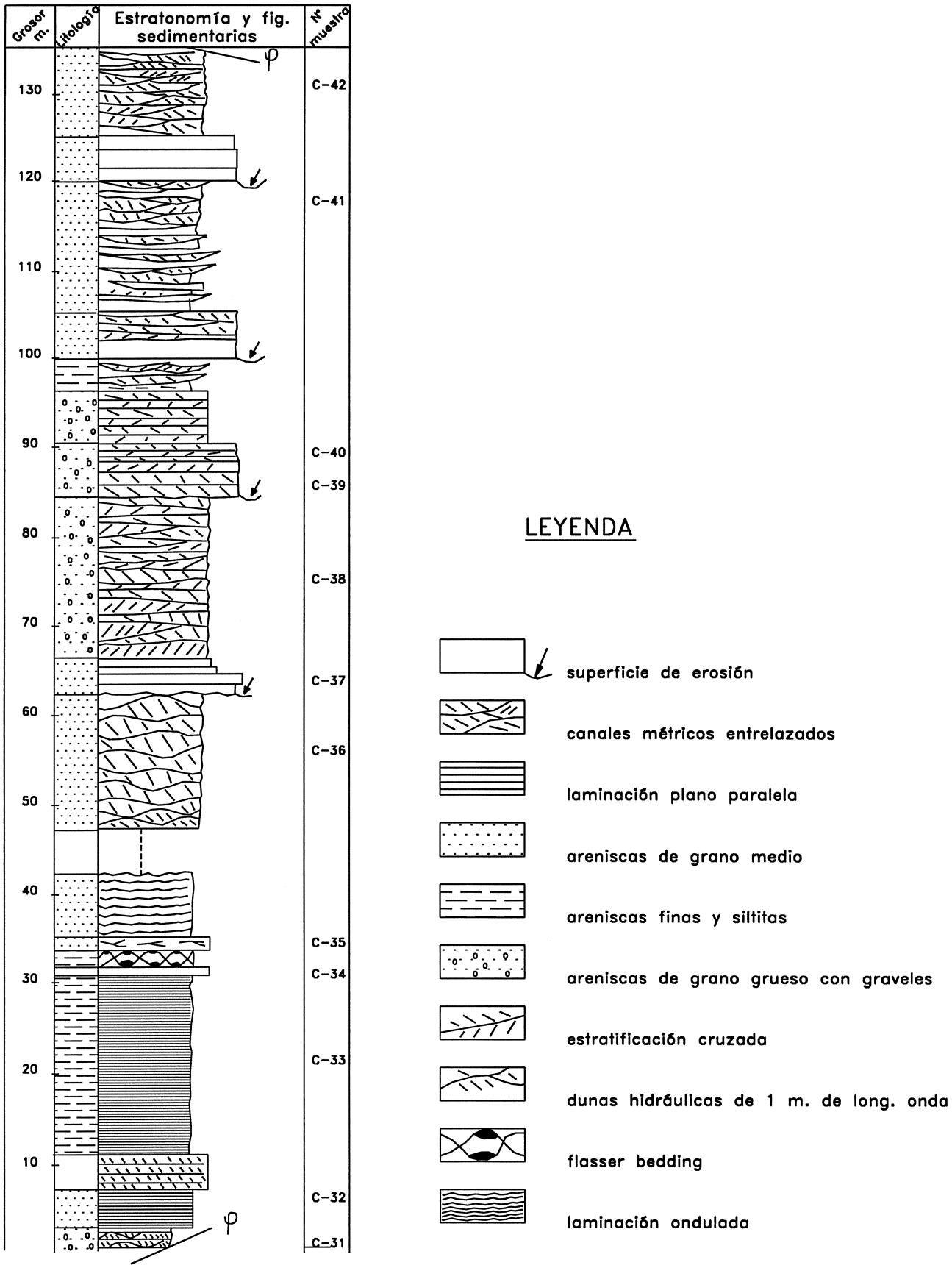


Fig. 4.4 Columna Estratigráfica del Grupo Tarma en la falda norte del C° Occopata (cuadrángulo de Corani)

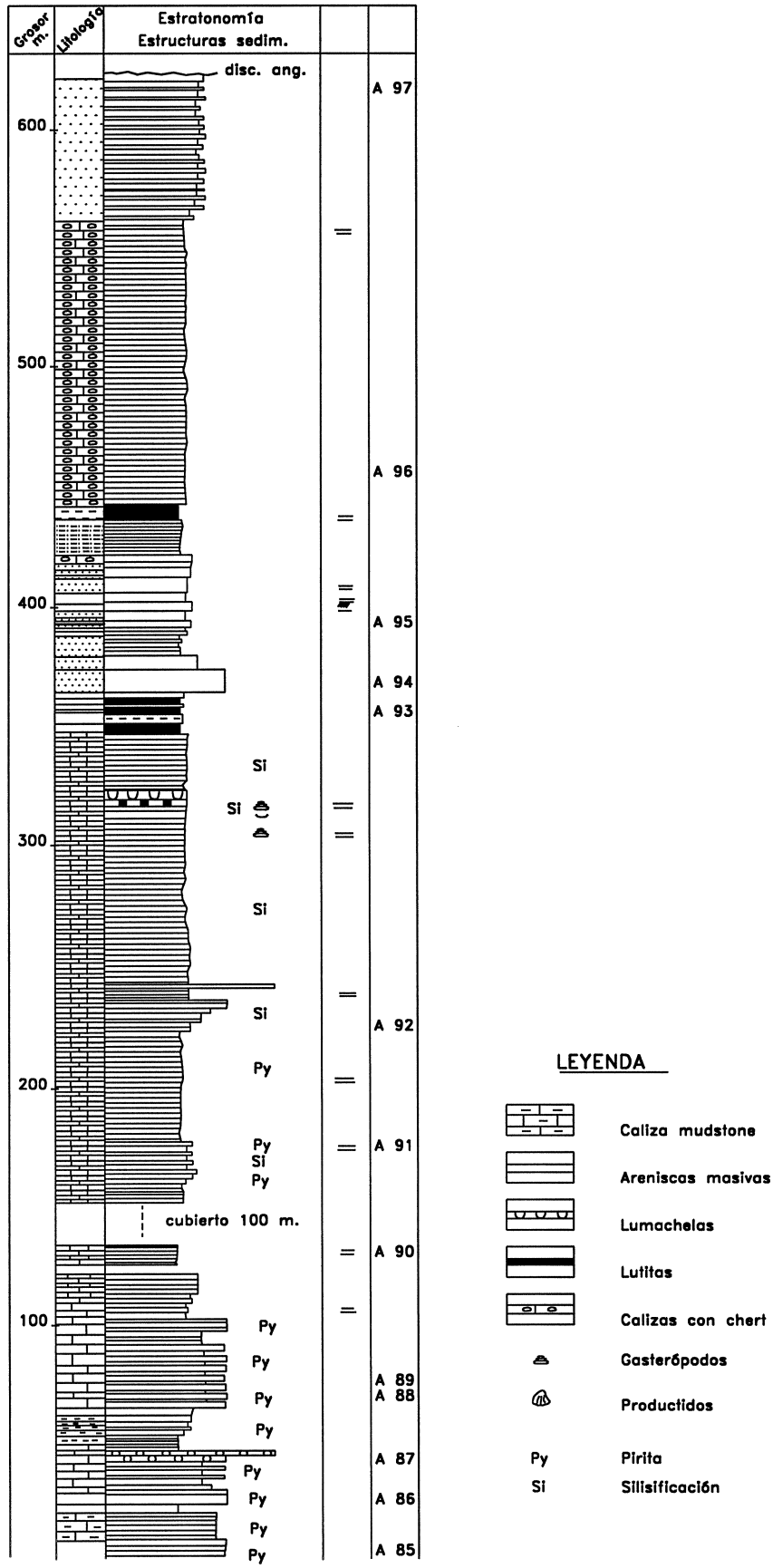


Fig. 4.5 Columna Estratigráfica del Grupo Copacabana medida en el C° Chillintaya (cuadrángulo de Ayapata)

Edad y Correlación

En los afloramientos del Cerro Chillintaya se ha observado una abundante fauna consistente en bivalvos, gasterópodos, productidos, mal conservados, debido a la alteración hidrotermal. Sin embargo una numerosa fauna recolectada en los cuadrángulo aledaños de Nuñoa (LOPEZ C. 1996) y Macusani (DE LA CRUZ J. et. al 1996) permiten datarla como del Permiano inferior.

Grupo Mitu

Fue descrito por Mc. LAUGHLIN, A. (1924) como una secuencia molásica de edad Permiano, cuya sección tipo se ubica en Cerro de Pasco-Perú Central. Sus afloramientos en el área de estudio se presentan en ambos cuadrángulos.

En el cuadrángulo de Ayapata sus afloramientos ocupan la mayor parte del cuadrante SO en los alrededores del nevado Allin Ccapac, los cuales se extienden hasta los ríos Macusani y Corani. En el cuadrángulo de Corani se presentan afloramientos en su parte central oeste, en el valle del río Chimboya, valle del río Mates, en los alrededores de los nevados Escopetane, Quisoquipiña, en la quebrada Pucamayo, y alrededores del caserío de Phinaya.

El Grupo Mitu reposa en discordancia angular sobre el Grupo Copacabana tal como se puede observar en el cerro Chillintaya en el cuadrángulo de Ayapata (Foto N° 4.7).

Sobre la discordancia el Grupo Mitu presenta 50 m de conglomerados polimícticos, de clastos subangulosos, cuyo tamaño varía de 10 - 30 cm, la matriz es una arena gruesa subangulosa de color rojizo, la litología de los clastos es mayormente calizas, observándose clastos con fauna del Grupo Copacabana, también se observan cuarcitas y pizarras en menor proporción, continúan sobre los conglomerados lutitas rojas, en las que se intercalan algunas capas de areniscas de grano fino con ripples, estas lutitas tienen su mejor exposición en el cerro Yana Huayruro (Fig. N° 4.6) situado en la margen derecha del valle del río Chimboya así como también en el cerro Velapunta al Norte del caserío de Phinaya, su grosor varía entre 50 y 70 m.

La parte superior del Grupo Mitu está compuesta por una sucesión gruesa de derrames lávicos. La mayor exposición se sitúa en el valle del río Corani entre el caserío de Checta Rumi (Foto N° 4.9) hasta cerca de la unión con el río Macusani. También está bien expuesta en el valle del río Macusani entre Tatamaco y cerca de la unión con el río Corani, conformando los alrededores de los nevados Allin Ccapac, Aullincapac y Chichicapac en el cuadrángulo de Ayapata.

El grosor de esta unidad varía entre 1 000 y 1 500 m. Las coladas varían entre 10 y 20 m, su litología está compuesta principalmente por lavas andesíticas, porfiríticas, con desarrollo de gruesos cristales de plagioclasa, los piroxenos están cloritizados y enriquecidos en óxidos de fierro, la matriz es vidrio volcánico completamente recristalizado, es importante la presencia de parches de calcita (Foto N° 4.10). Intercalan también coladas de lavas afaníticas de color oscuro.

Las características de este grupo por sus conglomerados, lutitas rojas sugieren un ambiente continental asociado con un volcanismo lávico.

Edad y Correlación

En este grupo no se han encontrado fósiles, su posición estratigráfica observada en el cerro Chillintaya muestra que se encuentran en discordancia angular sobre el Grupo Copacabana (Pérmico inferior). Algunas dataciones realizadas en la cordillera como la de KONTAK A. et al. (1985) por Rb-Sr, indican 270 y 210 Ma, Mc BRIDE et al. (1983) por K-Ar determinó edades de 280 y 245 Ma en el NO de Bolivia. K LINCK, B. PALACIOS, O. et al. (1993) obtienen una edad K-Ar de 272 ± 10 Ma para vulcanita del Grupo Iscay. Estas dataciones le otorgarían un rango de edad al Grupo Mitu entre el Pérmico superior al Triásico inferior.

4.2 MESOZOICO

4.2.1 CRETÁCEO

Cretáceo Indiferenciado

Debido a la difícil accesibilidad en la esquina NE del cuadrángulo de Ayapata donde aflora esta unidad, no ha sido posible estudiarla directamente. Su cartografiado ha sido realizado utilizando imágenes de satélite de los cuadrángulos de Ayapata, Esquena y Mazuco. Sin embargo, los autores realizaron un reconocimiento de las unidades litológicas que constituyen el Cretáceo, entre Puerto Manoa y Cuesta Blanca, donde se observa que está compuesta por areniscas cuarzosas, lutitas verdes y limolitas rojas.

En la esquina NE del cuadrángulo de Ayapata se ha cartografiado en forma indiferenciada y en contacto fallado con la Formación Sandia (falla inversa regional). Las estructuras en anticlinal y sinclinal que atraviesan el cuadrángulo de Mazuco con dirección NO-SE, pasan por la esquina SO de la hoja de Astillero y NE de Ayapata, hasta la hoja de Esquena donde se acuñan como producto del fallamiento. De acuerdo a la interpretación de estas estructuras, podría tratarse del Cretáceo inferior (Grupo Oriente).

Foto 4.7 Discordancia entre el Grupo Copacabana y el Grupo Mitu en el cerro Chillintaya. Vista al Oeste, cuadrángulo de Ayapata.

Foto 4.8 Calizas del Grupo Copacabana con nódulos de chert, cerro Chillintaya, cuadrángulo de Ayapata.

Foto 4.9 Grupo Mitu en el Cañón del río Corani, aguas abajo del caserío de Checta Rumi

Foto 4.10 Cristales de plagioclasas, con algunos parches de calcita, parte superior del Grupo Mitu.

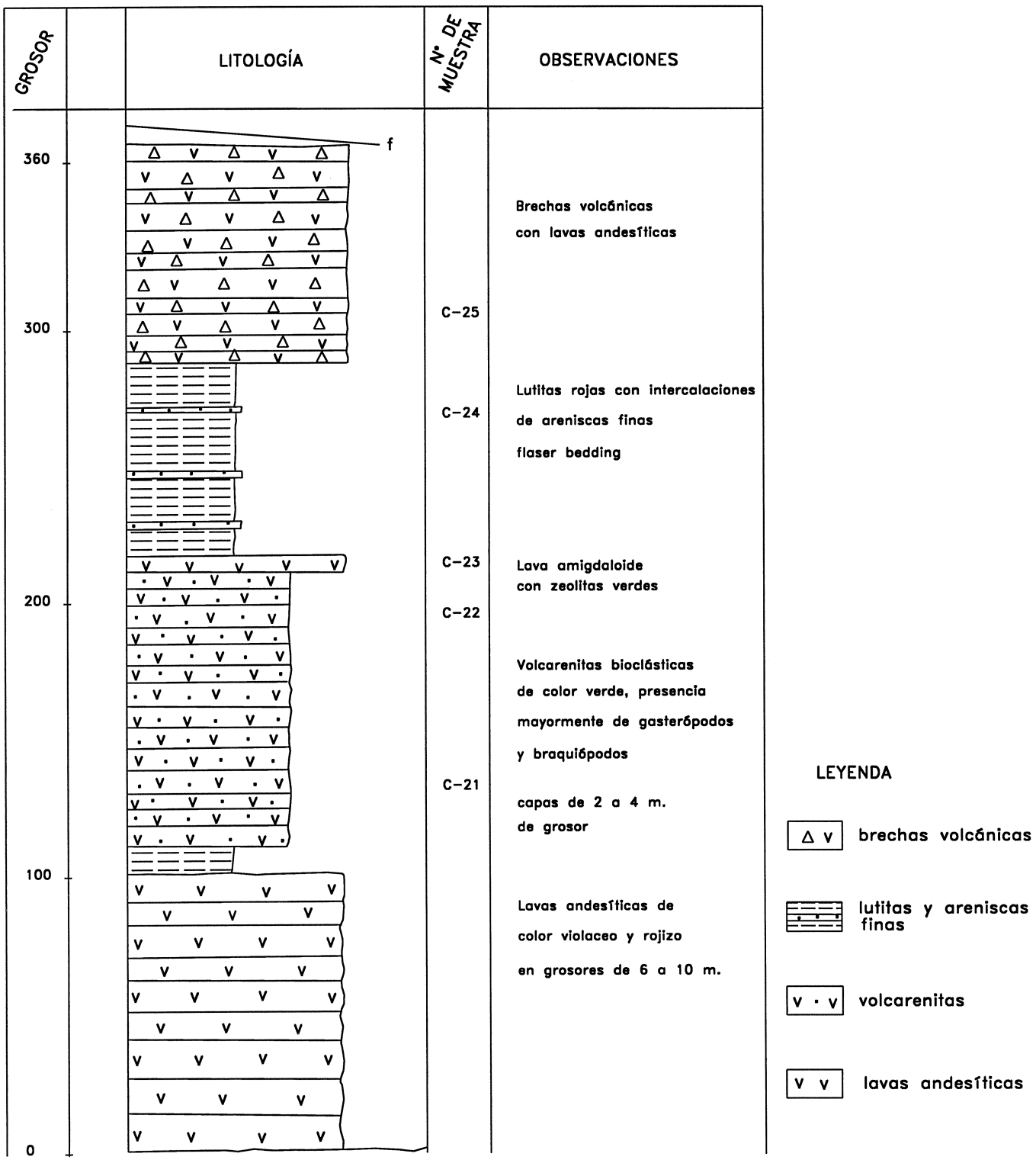


Fig. 4.6 Columna Estratigráfica parcial del Grupo Mitu

C° Yanahuayruro (cuadrángulo de Corani)

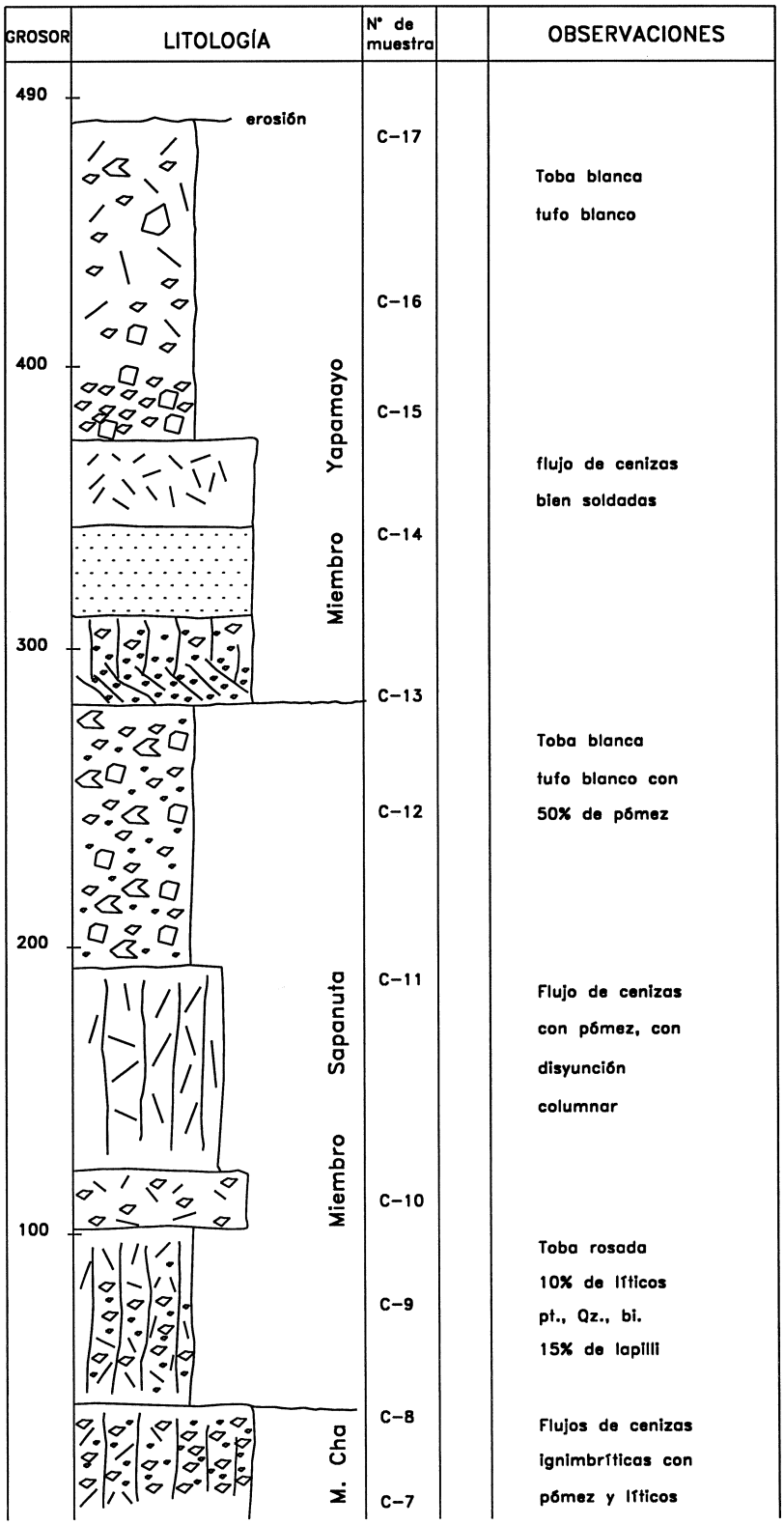


Fig. 4.7 Columna Estratigráfica de la Formación Quenamari medida en el C° Coychune (cuadrángulo de Corani)

4.3 CENOZOICO

4.3.1 NEÓGENO

FORMACIÓN QUENAMARI

Se trata de un evento volcánico de carácter ignimbrítico (ash - flow tuff), que se ha instalado rellenando una depresión de tipo graven, controlado posiblemente por fallas de tipo normal.

Fue denominada así por AUDEBAUD E. (1973), ocupa una área de aproximadamente 850 km²; en base a sus características litológicas y discontinuidades observadas, esta formación ha sido dividida en 3 miembros, esta división coincide con la propuesta por LÓPEZ J. (1996) en el cuadrángulo de Nuñoa. En una columna levantada en el cerro Coychune (Fig. N° 4.7), margen izquierda del río Macusani se han reconocido los tres miembros de la Formación Quenamari.

MIEMBRO CHACACUNIZA

Es el miembro basal de la Formación Quenamari, se encuentra en discordancia angular, principalmente sobre el Grupo Mitu. Además hay que señalar que este miembro se encuentra rellenando un paleorelieve (Foto N° 4.11).

Este miembro está compuesto de una sucesión continua de flujos ignimbríticos cuyo grosor varía de 10 a 15 m, se caracteriza por presentar flujos muy compactos y bien soldados; aflora en la margen derecha del río Quenamari Mayu.

Petrográficamente es de composición riolítica, contiene pómez centimétrica y material lítico paleozoico muy fino, que alcanzan los 2 mm. Su mineralogía consiste de cuarzo, plagioclasas, biotitas, sanidina y accidentalmente obsidianas, todo envuelto en una matriz de vidrio volcánico con shard.

Esta unidad infrayace en concordancia al miembro Sapanuta en casi todo el área CHEILLETZ A. et al. (1992) en base a dataciones K/Ar le asigna una edad comprendida entre 10 a 6,7 Ma., correspondiendo al Mioceno medio.

MIEMBRO SAPANUTA

Aflora en los alrededores de la quebrada Chacacuniza (Foto N° 4.12) en el nevado Ananta, y en los alrededores del caserío de Minascunca.

Este miembro se caracteriza por construir una sucesión de aproximadamente 3 unidades ignimbríticas, de color blanco de carácter tufaceo, su unidad más superior en un flujo de pómez de 5 a más de 10 cm de diámetro y también líticos.

En este miembro se ha desarrollado una morfología típica, de bosque de piedras que lo distingue de los otros miembros, entre los lugares más espectaculares se tienen la quebrada Minascunca y los alrededores del caserío Huarmi-Huanca. En el paisaje forma una gran meseta con una inclinación entre 4º y 6º hacia el Noreste.

Petrográficamente la base de este miembro es dacítica, en su mineralogía destacan el cuarzo, plagioclasa, biotitas y líticos; los lapillis alcanzan el 15%. Las unidades más superiores, conservan la misma mineralogía pero con la aparición de abundantes cristales rosados de esfenas.

El Miembro Sapanuta, en los valles de los ríos Chimboya, Phinaya y Macusani en el cuadrángulo de Ayapata sobrepasa al miembro Chacacuniza y reposa directamente sobre el Grupo Mitu.

Considerando su posición estratigráfica se le asigna como edad el Mioceno superior.

MIEMBRO YAPAMAYO

Es el miembro superior de la Formación Quenamari, aflora en el cuadrante SE del cuadrángulo de Corani y esquina SO del cuadrángulo de Ayapata.

Está compuesto por una sucesión de 4 flujos ignimbríticos cuyos grosores varían de 30 a 50 m, de composición riolítica, se caracteriza por presentar flujos de cenizas débilmente soldadas en la base y hacia el techo es una toba blanca. Mineralógicamente está constituido por cuarzo, plagioclasas y biotitas. Hay que destacar que en este miembro se encuentra la mineralización de uranio. CHEILLETZ A. (1992) y POUPEAU G. (1992) le asignan una edad de 75 ± 0.5 Ma., que es sincrónica con la fase compresiva Quechua 5 de los Andes (SEBRIER et al. 1988) por lo cual le correspondería una edad del Mioceno superior a Plioceno inferior.

Foto 4.11 Miembro Chacacuniza, margen izquierda del río Corani frente al pueblo de Corani. Mirando hacia el Norte.

Foto 4.12 Bosque de piedras en el Miembro Sapanuta en los alrededores de la quebrada Yurac Ccaja, mirando al SO.

4.3.2 CUATERNARIO

Depósitos recientes

En el área de estudio se presentan diversos depósitos asociados a las geoformas actuales de la cordillera oriental, algunos directamente conectados a los nevados en sus partes bajas, rellenando valles y altiplanicies; así se presentan depósitos morrénicos, fluvioglaciares y aluviales.

Depósitos morrénicos

Se trata de depósitos situados sobre los 4 500 msnm en el flanco SO de la Cordillera Oriental, extendiéndose hasta los 4 000 m en el flanco NE. Entre los depósitos más importantes se tienen los de las esquinas SO del cuadrángulo de Corani, en los alrededores del río Phinaya (cuadrángulo de Corani) e inmediaciones de Ayapata, así como en las nacientes de los valles que confluyen para formar el valle del río Ayapata, en el valle del río Upina situado en la esquina SE del cuadrángulo de Ayapata, en el valle del río Tambillo y en la esquina SO del cuadrángulo de Ayapata.

Estos depósitos están conectados a los casquetes glaciares presentes en el área de estudio, tienen una morfología de cordones que atestiguan el proceso de retroceso de los glaciares operado en el Holoceno, esta serie de cordones actúan como diques que represan lagunas. Estos depósitos están compuestos de bloques subangulares de diverso tamaño (0,3 - 2 m de diámetro) de litología diversa dependiendo de la zona de arranque, englobados por una matriz areno-arcillosa generalmente de color rojizo amarillento.

Depósitos glaciofluviales

Estos depósitos se han formado por erosión de los depósitos morrénicos y del substrato constituido por rocas pre-cuaternarias. Se trata de conos aluviales que descienden de las paredes laterales de los valles, constituyendo terrazas que rellenan los fondos en los valles y los depósitos de quebradas como en el caso de las quebradas que drenan la meseta ignimbrítica de Corani. Los depósitos glaciofluviales están compuestos de gravas subredondeadas, arenas gruesas y algunas intercalaciones de lodolitas rojas.

Depósitos aluviales

Se han formado por los causes actuales de los ríos y quebradas, se tratan de gravas y arenas gruesas, también están conformadas por escombros de talud que descienden de las paredes de los valles.

Capítulo V

ROCAS INTRUSIVAS

En la cordillera oriental del Sur del Perú afloran un conjunto de batolitos y pequeños stocks que conforman una provincia magmática, se distribuyen en plutones individuales isotrópicos, estando bien representados en los cuadrángulos de Limbani Ayapata y Corani, en plena Cordillera Oriental; su posición estructural es NO - SE, y los cuerpos más importantes en volumen son: Aricoma, Limbani, Coasa, San Gabán, Puma Chanca y Marcapata.

En los cuadrángulos de Corani y Ayapata afloran grandes cuerpos intrusivos, (Fig. N° 5.1) dispuestos irregularmente, que ostentan afinidad petrológica y geoquímica, además de estrechas relaciones espacio temporales de las plutonitas que las constituyen. Producto de su emplazamiento cortan a rocas paleozoicas, desarrollando aureolas de metamorfismo de contacto con la presencia de cristales de andalucita y biotitas.

En líneas generales, las plutonitas de esta parte de la cordillera oriental poseen mayor número de pulsos monzograníticos, dioríticos y granodioríticos, que conllevan características mineralógicas afines de grano grueso con megacristales de feldespato potásico, plagioclasa y microclino; generalmente no están deformados y denotan un marcado predominio de las variedades peralumínicas, caracterizando un dominio calcoalcalino.

Posteriormente al emplazamiento de los granitos permo-triásicos tiene lugar un magmatismo alcalino jurásico, bien desarrollado en el sector SO del cuadrángulo de Ayapata.

5.1 PLUTÓN DE COASA

Este plutón forma parte del gran Batolito de Coasa, está bien expuesto en los cuadrángulos de Esquena, Limbani y Macusani. Aflora en el extremo SE del cuadrángulo de Ayapata, su distribución es bastante regular formando un solo cuerpo. Sus contactos están bien expuestos, siempre cortando a las formaciones paleozoicas tal como se presenta en el cerro Charansuja (Foto N° 5.1).

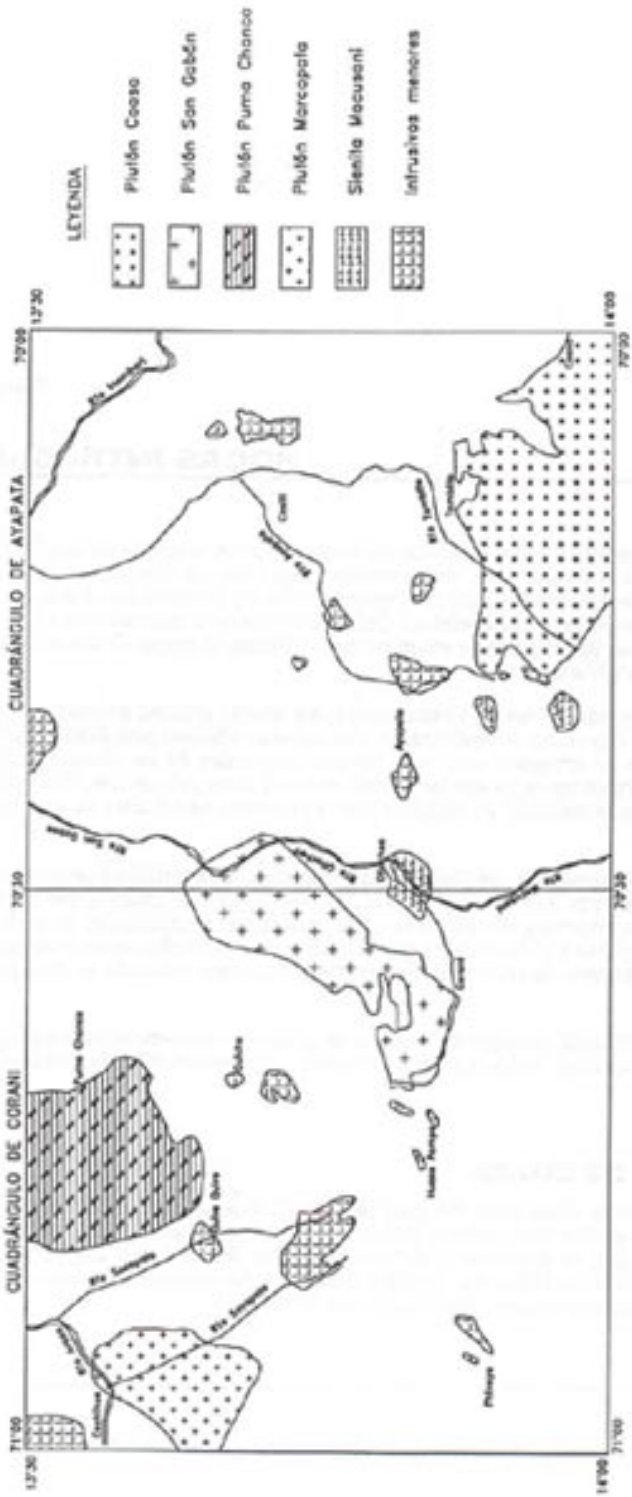


Fig. 5.1 Mapa de distribución de las Rocas Ígneas

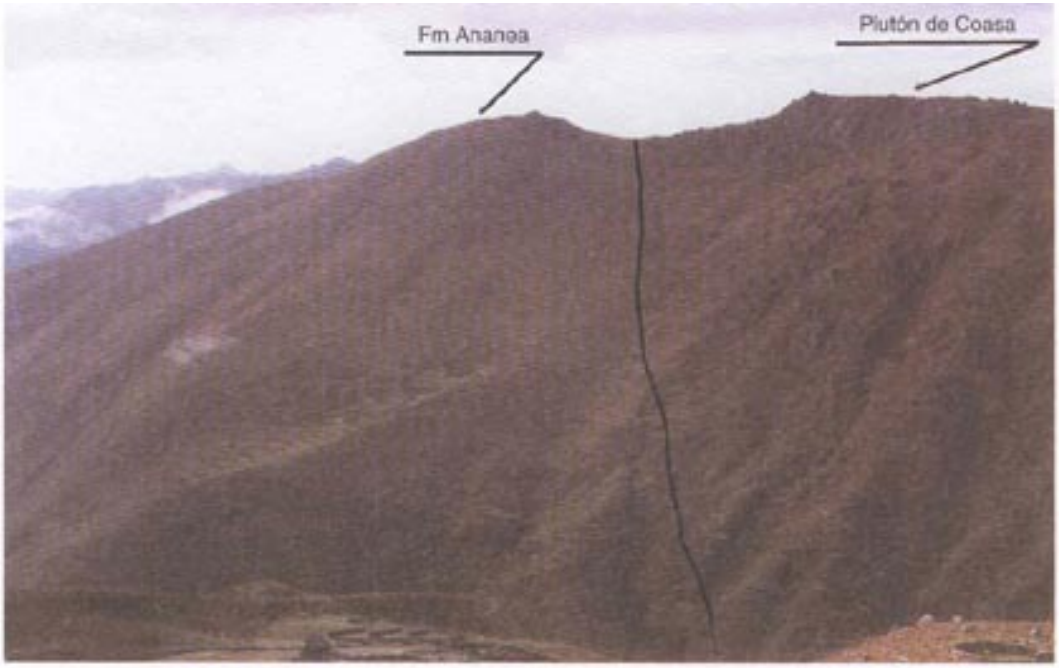


Foto 5.1 Cerro Charansuja tomado de las alturas de Uchuma, hacia el lado derecho el plutón de Coasa y a la izquierda la Formación Ananea; en el río Coasa, cuadrángulo de Ayapata, vista hacia el Este.

Foto 5.2 Megacristales de plagioclasa con ortosa, en una matriz más fina de feldespatos y cuarzo. Muestra del plutón de Coasa tomada en Turpa, cuadrángulo de Ayapata.

En la ruta de Coasa a Upina mayormente se encuentran sienogranitos de color blanco, siendo destacable la presencia de megacristales de plagioclasa hasta de 10 cm de longitud (Foto N° 5.2).

Estas rocas vistas en sección delgada presentan las siguientes características: el cuarzo es anhedral, no está afectado por cataclasis, las plagioclasas son anhedrales a subhedrales, presentan una estructura zonal producto de un desequilibrio liquido-cristal, su composición es de An_{15-20}, están frescas, no presentan alteración, el feldespato ortosa conlleva exoluciones micropertíticas y de cuarzo mirmequítico, es común la presencia de la macla de Carslbal. De las rocas observadas la biotita es el mineral ferromagnesiano más dominante, formando ocasionalmente estructuras cumulofídicas, no hay indicios de haber sido afectada por cataclasis, son muy comunes las inclusiones de apatitos, circones y rutilos. Similares características petrográficas han sido reconocidas en los alrededores del Cerro Tocarina y al Sur de la laguna Choaccota.

A lo largo de la ruta entre la laguna Chungara y Joclla, más precisamente en los cerros Colin - Colini y Meza Rumiyoc, aflora en el borde externo oeste del plutón de Coasa, las facies petrográficas gradacionales, reconocidas, en esta parte del plutón son diferentes de las que se encuentran en Coasa, van de dioritas, sienogranitos a cordieritas y los más voluminosos son los sienogranitos gráficos. En sección delgada el cuarzo se observa en forma anhedral, en ciertas ocasiones está intercrecido con la ortosa formando numerosas texturas gráficas (Foto N° 5.3) también está en pequeños listones que bordean los cristales de ortosa, pero sin formar texturas de absorción o reacción. Entre los feldespatos la ortosa es la más abundante, está en gruesos cristales subhedrales, presentan una ligera alteración a sericita; esta abundancia está reflejada en feldespatos micropertíticos bien conservados y sin alteración, los minerales máficos son muy escasos pero sobresalen las biotitas y las esfenas.

Comportamiento petroquímico

En los análisis realizados en el presente trabajo (Tabla N° 1) también están incluidos los elaborados por KONTAK (1984) del sector Ayapata, los resultados han sido ploteados sobre los diagramas de variación tipo Harker (Fig. N° 5.2), que permiten distinguir el rango de los contenidos de sílice entre 63 - 75%. La relación entre el contenido de sílice en función a Al_2O, MgO, CaO, TiO_2, Fe_2O_3 muestran un decaimiento gradual del fraccionamiento de la plagioclasa y biotita, mientras que hay un incremento del K_2O y luego estabilidad con el contenido de la sílice, el Na_2O permanece estable.

Estos análisis ploteados en el diagrama de IRVING Y VARAGAR (1971) y KUNO (1968) (Fig. N° 5.3) están caracterizados en la serie calco-alcalina, y de igual forma están situados en el diagrama AFM. (Fig. N° 5.4).

Análisis Químicos del Plutón de Coasa (Sector Ayapata)

	COCA 298	COCA 301A	COCA 302	COCA 305	COCA 311	COCA 312A	COCA 319A	BAR 13	AY 5D	COCA 301	A-25	A-83
SiO_2	76.29	67.44	72.30	66.10	64.28	76.20	70.70	63.07	64.31	48.47	72.98	52.86
TiO_2	0.22	0.68	0.23	0.36	0.79	0.23	0.34	1.08	0.77	2.28	0.016	1.924
Al_2O_3	12.73	15.63	12.70	14.88	15.85	12.70	14.33	14.97	15.73	17.03	12.35	16.83
Fe_2O_3	0.60	0.60	0.00	3.38	0.64	2.10	2.99	1.06	0.81	1.32	0.80	7.86
FeO	0.00	1.66	0.83	0.00	5.06	0.00	0.00	6.45	4.92	9.40		
MnO	0.01	0.04	0.01	0.10	0.05	0.01	0.01	0.11	0.05	0.19	0.011	0.223
MgO	0.63	1.25	0.65	0.33	1.32	0.09	0.18	1.36	1.08	5.28	0.11	1.74
CaO	0.79	3.44	1.84	1.11	2.36	0.75	1.11	2.36	2.22	9.29	0.83	4.68
Na_2O	6.31	2.98	3.66	3.43	3.01	3.64	3.90	4.00	3.93	2.87	3.79	6.25
K_2O	0.43	6.02	5.69	5.59	4.52	5.97	6.17	3.91	4.65	2.09	7.00	4.88
P_2O_5	0.11	0.19	0.09	0.12	0.14	0.01	0.05	0.28	0.22	0.41	- -	- -

Análisis de Kontak (1985) y del presente trabajo

Tabla N° 1

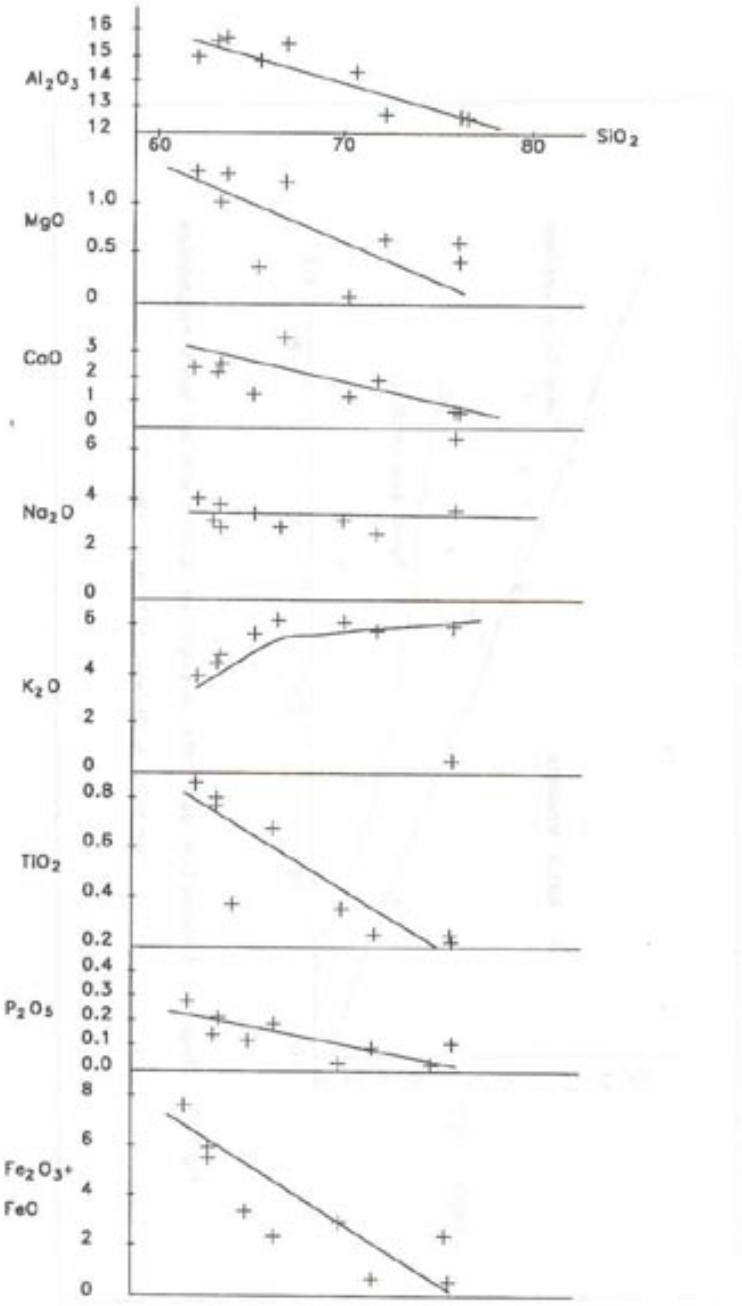


Fig. 5.2 Diagrama de variación de tipo Harker del Plutón de Coasa (sector Ayapata)

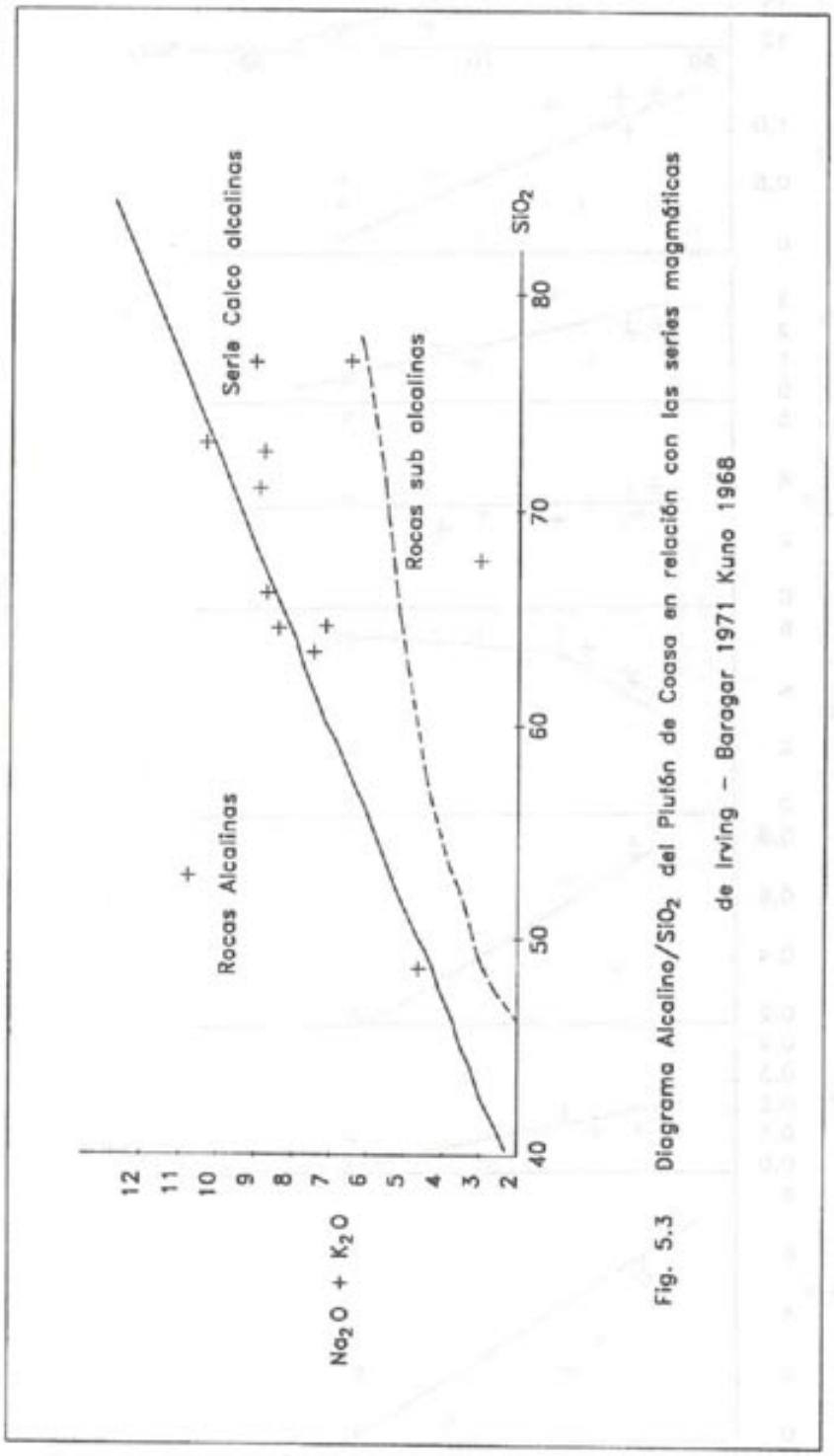


Fig. 5.3 Diagrama Alcalino/SiO_2 del Plutón de Coasa en relación con las series magmáticas de Irving – Baragar 1971 Kuno 1968

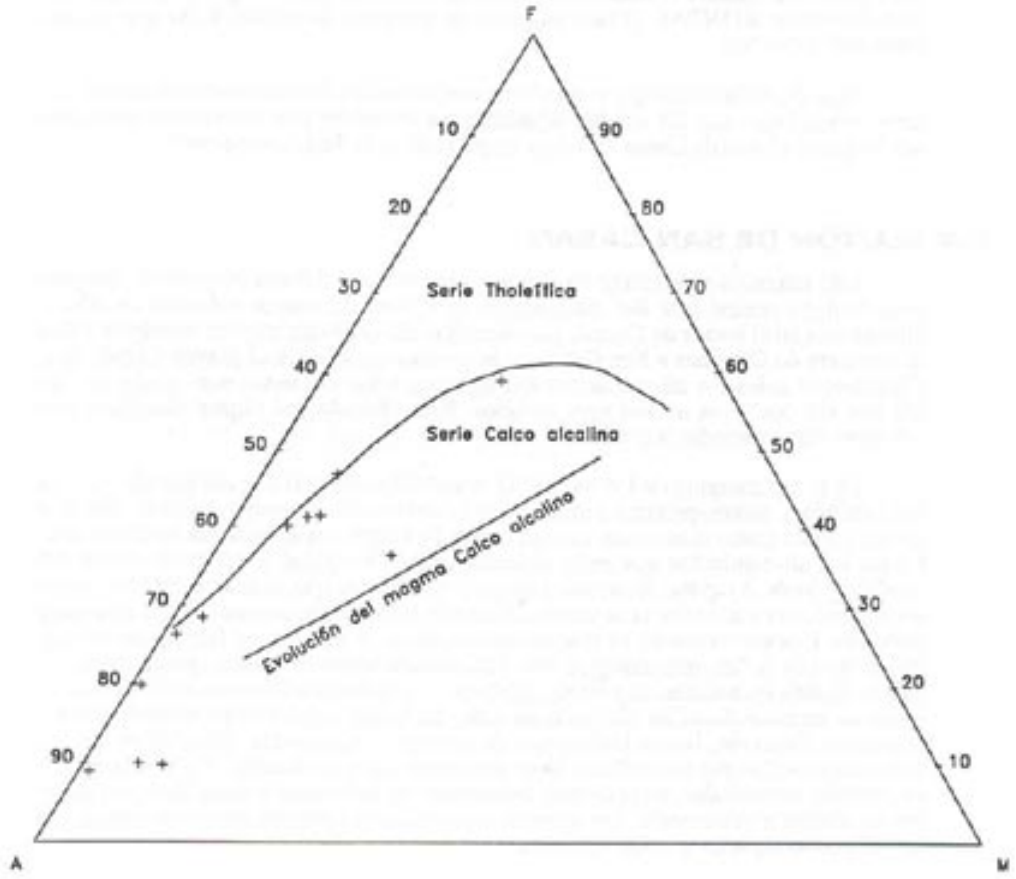


Fig. 5.4 Diagrama AFM (según Irving – Baragar 1971) del Plutón de Coasa

Sus relaciones de campo estudiadas a lo largo de su borde oeste, se ve que corta al Grupo Ambo tal como se observa en el Cerro Huancacune, desarrollando una alteración metasomática derivado de la intrusión, con abundante diseminación de pirita y óxidos de fierro. De la misma forma ocurre con los volcánicos del Grupo Mitu desarrollando una profunda alteración hidrotermal expresada en texturas de un pórfido mineralizado de tipo boxwork, con desarrollo de venillas de cuarzo secundario.

Referente a la edad del plutón de Coasa, STEWART (1974) lo ha datado en 207 Ma por K/Ar, LANCELOT et al. (1978) obtuvo una edad de 238 ± 11 Ma por U/Pb para una muestra tomada en el centro del intrusivo, (cuadrángulo de Macusani). Posteriormente KONTAK (1984) enumera un conjunto de edades K/Ar que oscilan entre 180 a 216 Ma.

Para el presente trabajo, tomando en consideración las relaciones de campo, estaría concordante con las edades radiométricas obtenidas por los autores anteriores por lo que el plutón de Coasa se habría emplazado en el Triásico superior.

5.2 PLUTÓN DE SAN GABÁN

Este intrusivo se presenta en el borde central oeste del cuadrángulo de Ayapata y en la parte central este del cuadrángulo de Corani. El mayor volumen de afloramiento está en el sector de Corani, pero también aflora de una manera excelente sobre la carretera de Ollachea a San Gabán, más precisamente entre el puente Chinquini y Chacaneque todos los afloramientos son agrestes, están cubiertos por vegetación, de allí que sus contactos no son muy notorios. Está afectado por diques graníticos con una dirección promedio N 60º E.

En el cuadrángulo de Corani por el nevado Potrero y al Sur del nevado Ananta los granitos y monzogranitos son las facies dominantes, presentan colores blanco a grises, son de grano grueso con megacristales de ortosa; características similares presentan los afloramientos que están ubicados entre Uru-Huasi y Tunquini dentro del cuadrángulo de Ayapata. En sección delgada se observa que el cuarzo está en cristales subhedrales a anhedrales, a veces rellenando intersticios, con una ligera extinción ondulosa y ocasionalmente se desarrolla subgranos de cuarzo; el feldespato ortosa-microclino es la fase mineralógica más desarrollada están en gruesas playas seriadas que contienen inclusiones de biotitas, también conllevan exsoluciones micropertíticas y cuarzo mirmequítico; las plagioclasas están en formas euhedrales a subhedrales, no presentan alteración, llevan inclusiones de biotitas y muscovitas, otras tienen un zoneamiento oscilatorio que reflejan fases tempranas de cristalización. La biotita ocurre en cristales subhedrales, no presentan estructuras de deformación cataclásticas y algunas se alteran a muscovitas. Las fases accesorias como apatitos, circones, opacos están en granos aislados o como inclusiones.

Foto 5.3 Sienogranito gráfico del plutón de Coasa, muestra intercrecimientos de cuarzo y ortosa. Muestra tomada al Norte de Pucacancha, cuadrángulo de Ayapata. Nícoles Xs: 100 x de aumento.

Foto 5.4 Gruesos cristales de piroxeno, asociados con biotitas y plagioclasas del plutón de San Gabán. Nícoles Xs. 100 x de aumento.

Foto 5.5 Enormes bloques angulosos de areniscas de la Formación Sandia son asimilados y cortados por el intrusivo San Gabán. Lugar Uru-Huasi, camino a San Gabán.

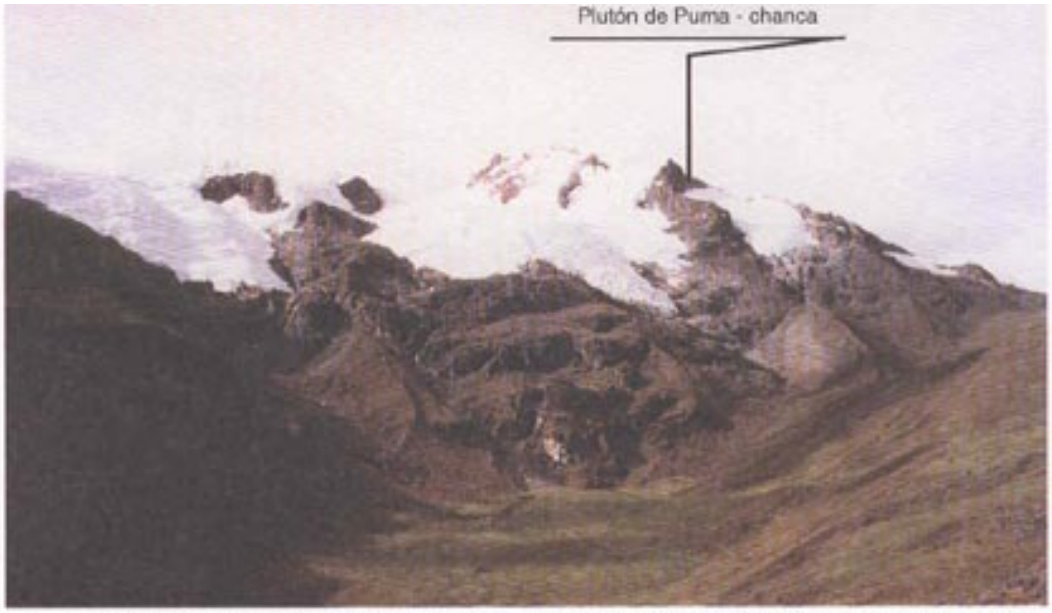


Foto 5.6 Plutón de Puma-Chanca, en el abra de Canchis-Canchis, nevado Salcantay mirando al NO, cuadrángulo de Corani.

Estas características mineralógicas ayudan a argumentar que el plutón de San Gabán en su parte sur es textural y composicionalmente homogéneo. Sin embargo, hacia el Norte de Ollachea entre Sapi-Sencca y Chacaneque, adquiere facies dioríticas de color gris oscuro y de grano grueso.

En esta parte externa del intrusivo se observan las siguientes características mineralógicas. Las plagioclasas tienen una composición de An46-48, están en individuos euhedrales ligeramente seriados, los de mayor tamaño alcanzan los 3 mm y los más pequeños bordean los 300 micrones, no presentan alteración, carecen de estructura zonal y contienen inclusiones de minerales opacos. La biotita es el principal mineral ferromagnesiano sus cristales están bien desarrollados sobrepasan los 2 mm de tamaño, están distribuidos indistintamente, algunos se presentan con una ligera deformación cataclástica, y contienen inclusiones de opacos y apatitos.

El piroxeno se presenta en menor proporción que la biotita, forma agregados subautomorfos, (Foto N° 5.4) lleva inclusiones de apatitos y opacos. La sillimanita está casi siempre asociada al piroxeno, su presencia es producto del metamorfismo de contacto.

En el presente estudio se han elaborado 10 análisis geoquímicos por roca total (Tabla N° 2), se presentan en los diagramas de variación de tipo Harker (Fig. N° 5.5), se observan tendencias de diferenciación de las rocas máficas como dioritas, a las más félsicas como granitos y monzogranitos. Hay un elevado contenido de Al_2O_3, Fe_2O_3, TiO_2; el Na_2O es estable, y luego hay un fraccionamiento normal del MgO, CaO, a partir de la cristalización del piroxeno y plagioclasa. Estos mismos análisis se han ploteado en los diagramas convencionales de IRVINE y BARAGAR (1971) y KUNO (1968), (Fig. N° 5.6) basados en el contenido total de alcalinos/sílice, caracterizándose en el campo calco-alcalino. En el diagrama AFM, (Fig. N° 5.7) algunas muestras definen una tendencia de enriquecimiento en fierro, pero caen en el campo calco-alcalino.

El plutón de San Gabán intruye al Paleozoico, desarrollando una amplia zona de metamorfismo de contacto, con aparición de gruesos cristales de andalucita hasta de 40 cm de longitud, asociadas con gruesas biotitas. A la altura del puente Chinquini donde termina la Formación Sandia y comienza el intrusivo San Gabán, en sus contactos aparecen facies de asimilación, es decir enormes bloques angulosos sedimentarios de la Formación Sandia, se muestran atrapados (Foto N° 5.5) y cortados por el granito San Gabán lo mismo sucede en el cuadrángulo de Corani, entre el nevado Ananta y el nevado Tuturuma, el intrusivo asimila a la Formación Ananea.

LAUBACHER (1978), relaciona la esquistosidad S1 (eohercínica) asociada a la intrusión granítica San Gabán, dándole una edad eohercínica a este intrusivo. Tomando en consideración las facies de asimilación encontradas en ambos cuadrángulos, además su posi-

Análisis Químicos del Plutón de San Gabán

	A-4	A-6	A-7	C-30	C-78	C-79	C-81	314	325	326
SiO_2	58.01	51.43	48.00	71.31	70.40	68.69	70.39	69.83	65.53	62.06
TiO_2	0.552	2.45	3.23	0.115	0.157	0.387	0.173	0.48	0.80	1.02
Al_2O_3	16.25	17.19	17.61	13.75	14.06	14.39	13.84	14.64	13.06	18.41
Fe_2O_3	4.73	11.26	14.29	2.41	2.86	3.57	3.22	1.50	1.50	1.50
MnO	0.080	0.160	0.210	0.043	0.352	0.040	0.042	0.06	0.06	0.07
MgO	3.59	4.78	4.78	0.33	0.76	0.43	0.43	0.84	1.26	1.55
CaO	5.96	4.50	5.14	0.83	2.38	1.28	0.92	1.80	1.68	2.28
Na_2O	3.87	3.28	3.28	3.28	4.38	3.20	3.37	3.22	3.45	2.77
K_2O	5.65	3.46	2.11	6.32	3.01	6.47	0.02	4.21	4.92	4.31

Análisis según el presente trabajo

Tabla N° 2

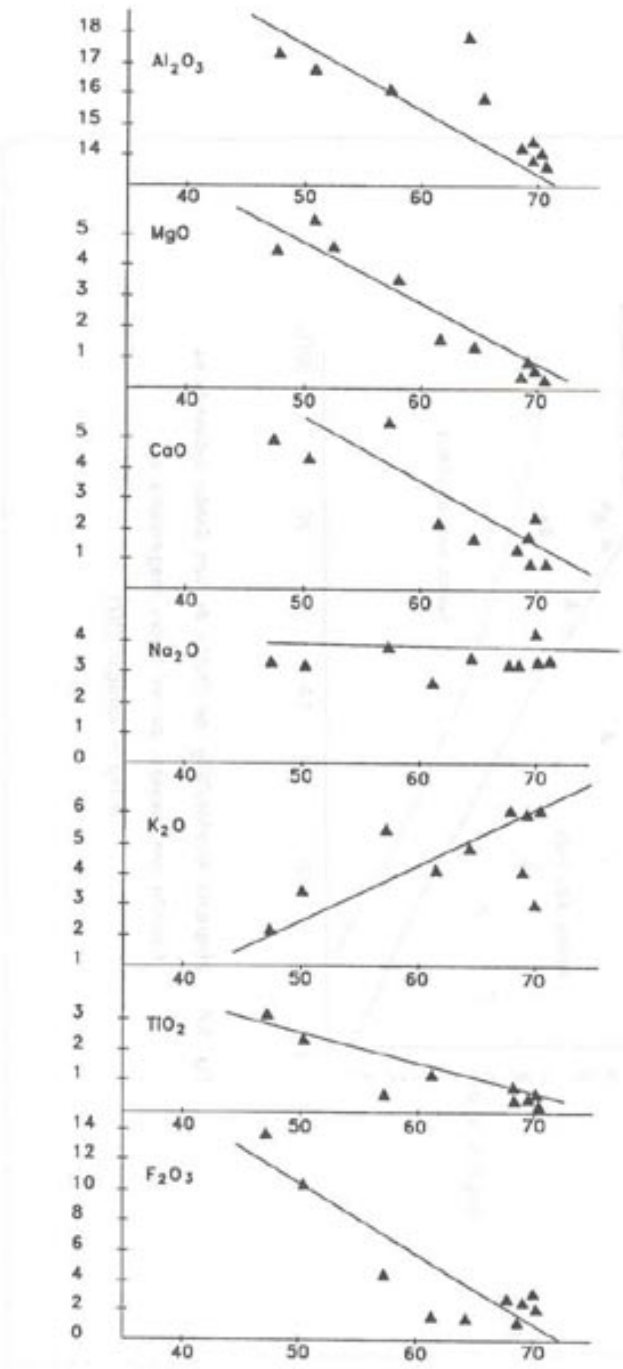


Fig. 5.5 Diagrama de variación de tipo Harker de las rocas intrusivas del Plutón de San Gabán

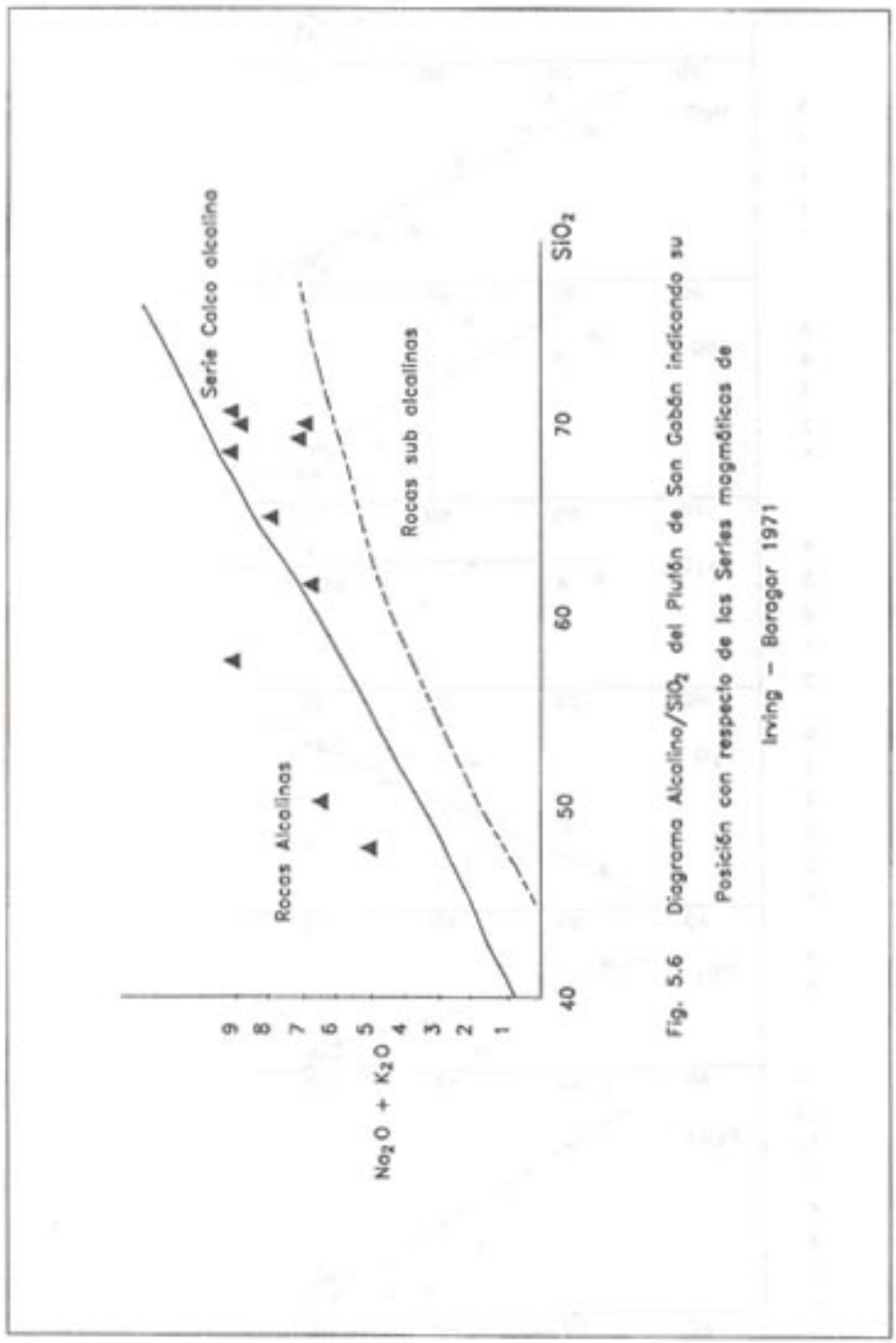


Fig. 5.6 Diagrama Alcalino/SiO_2 del Plutón de San Cabán indicando su Posición con respecto de las Series magmáticas de Irving - Baragar 1971

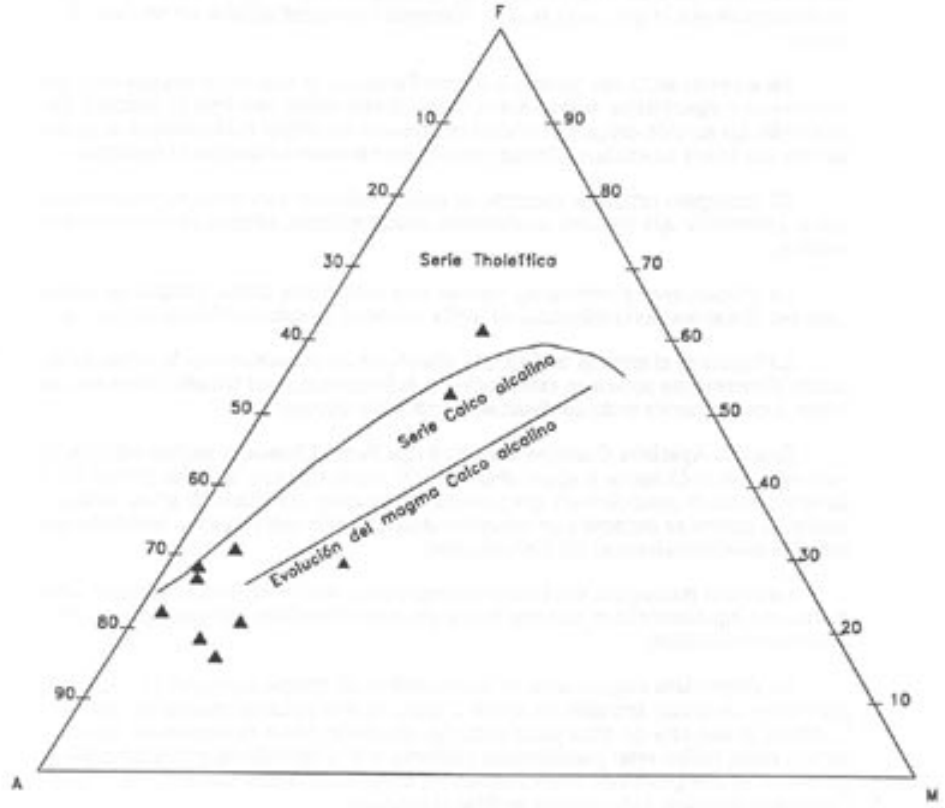


Fig. 5.7 Diagrama AFM (según Irving Baragar 1971) del Plutón de San Gabán

ción dentro de la secuencia paleozoica y la similitud espacio-temporal, textural y composicional con los intrusivos tratados anteriormente, nos permite ubicarlos en el Permo-Tríasico.

5.3 PLUTÓN DE PUMA CHANCA

Este plutón se encuentra en la parte central norte del cuadrángulo de Corani (Foto N° 5.6) y continúa en el cuadrángulo de Quincemil. Es un cuerpo irregular de aproximadamente 256 km² de ancho; sus formas, cercanía y las estrechas relaciones espacio-temporal, además de su afinidad petrológica y geoquímica lo relacionan con el resto de intrusiones de esta parte de la Cordillera Oriental.

Si bien es cierto que la granodiorita es la roca predominante en el plutón de Puma-Chanca, también hay diferencias en la textura y composición que producen variantes petrográficas a granitos; por supuesto estas variaciones se presentan esporádicamente como para ser diferenciables en el campo, en todo caso, sus contactos son gradacionales por lo que no es posible distinguirlos y subdividirlos en unidades litológicas.

En un corte de Quira Quira a la laguna Huañuna, la roca es un granito de grano grueso con megacristales de ortosa que flotan en una matriz más fina de cuarzo y plagioclasas. En sección delgada el cuarzo se presenta en formas subhedrales a anhedrales con una ligera extinción ondulosa, sus tamaños máximos alcanzan el milímetro.

El feldespato ortosa se presenta en menor volumen casi siempre acompañado con el microclino que conlleva exoluciones micropertíticas, además de inclusiones de biotitas.

La plagioclasa es subhedral, algunas con estructuras zonal, aunque se distinguen por llevar maclas combinadas de albita - carslbal su composición es de $An_{22-28.}$

La biotita es el mineral máfico más abundante, se presentan bajo la forma de escamas dispersas, no presentan estructuras de deformación y sus tamaños alcanzan los 3 mm. Los accesorios están confinados en apatitos y circones.

Entre la Apacheta Ccanchis Cancha hasta Puma Chanca, a ambos lados de la quebrada Yurac-Ccancha y aguas abajo del río Puma Chanca, la facies petrográfica dominante son la granodiorita y granito a biotita de color gris claro, de grano grueso a medio, el cuarzo se encuentra en cristales subautomorfos con extinción ondulosa, sus tamaños máximos alcanzan los 800 micrones.

La ortosa microclino es el mineral minoritario, suelen estar en cristales alotriomórficos a hipidiomórficos, con una ligera alteración a arcillas, sus máximos tamaños alcanzan el milímetro.

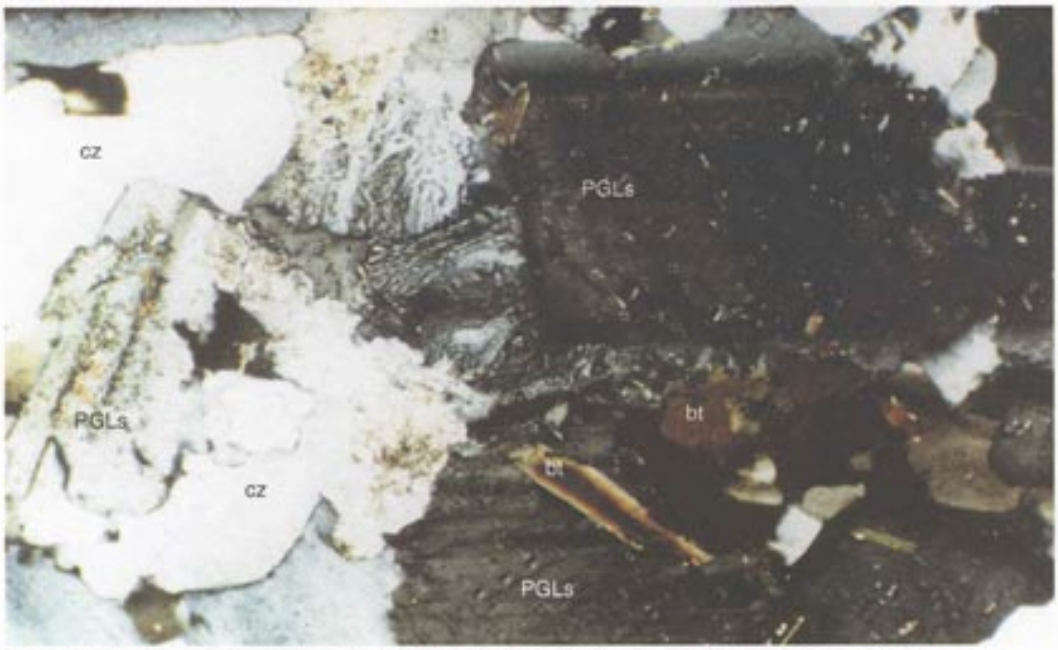


Foto 5.7 En la parte central se presentan bordes de intercrecimientos micrográficos cubriendo a las plagioclasas. Nicoles Xs: 100 x de aumento

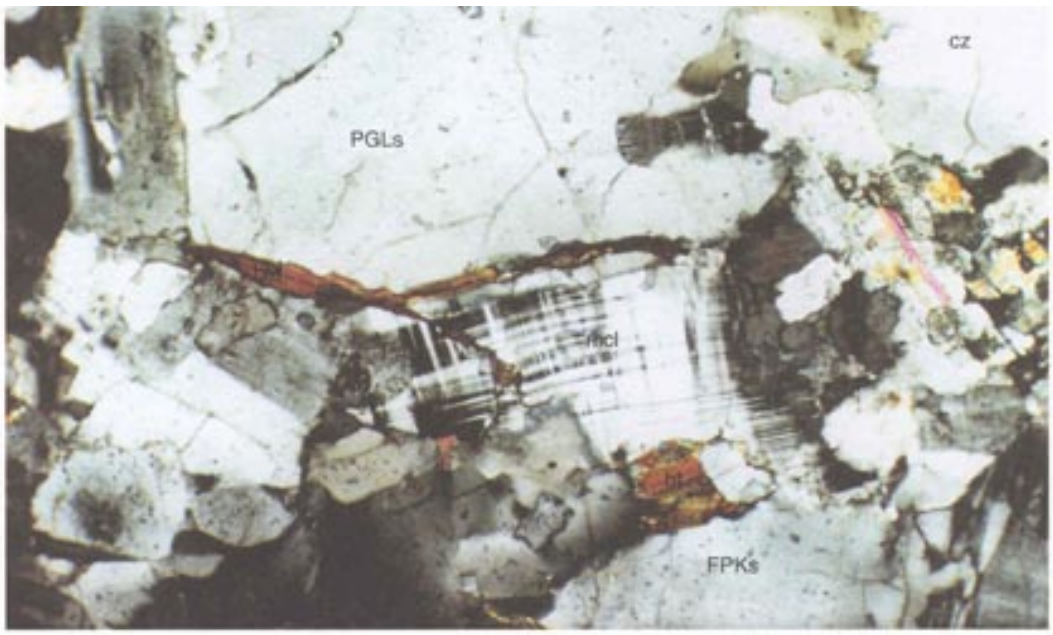


Foto 5.8 En la parte central se observa cristales de microclino ligeramente deformados asociados con la biotita.

La plagioclasa mayormente es fenocristalina de composición An 10-14, cuyos individuos alcanzan tamaños de hasta 2 mm, suelen ostentar maclas de Albita - Carslbal, la mayoría de ellas están zonadas, resultado de un desequilibrio líquido -cristal, otros suelen estar parcialmente cubiertos por intercrecimientos micrográficos de cuarzo-ortoza generando bordes eutécticos claramente diferenciados (Foto N° 5.7). Contienen inclusiones de circón y biotitas cloritizadas.

La biotita es el ferromagnesiano predominante, algunas veces está en agregados débilmente alterados a clorita, los accesorios como esfenas, circones y opacos están distribuidos indistintamente.

Los análisis geoquímicos de las rocas del plutón de Puma Chanca están representados en la (Tabla N° 3). Tomando en consideración la clasificación de IRVINE y BARAGAR (1971) y KUNO (1968), (Fig. N° 5.8) se encuentran caracterizados en el campo calcoalcalino para ambas clasificaciones; y para el diagrama AFM. (Fig. N° 5.9) están en el mismo dominio.

El plutón de Puma Chanca corta a las formaciones Sandia e Iscaybamba, además sus características mineralógicas y texturales se asemejan bastante a las intrusiones de San Gabán y Coasa, por lo que se le ubica en el Permo-Triásico

5.4 PLUTÓN DE MARCAPATA

Es un cuerpo de forma alargada con una extensión aproximada de 120 km², aflora en la parte noroeste del cuadrángulo de Corani y continúa en el cuadrángulo de Ocongate, se le observa bien entre Marcapata y Cachi Cachi. Sobre la carretera que va de Cachihua a Limac Punco, consiste de granitos a biotita y dioritas a sillimanitas, a diferencia de los otros plutones estudiados sus texturas son más finas. Se ha podido distinguir algunas facies petrográficas, algunas de ellas están alrededor de Cachihua, representada por un granito subalcalino de grano medio, el cuarzo se presenta en cristales gruesos subautomorfos con una fuerte extinción ondulosa y sus tamaños máximos alcanzan el milímetro con desarrollo de subgranos de cuarzo.

La ortosa microclina está en gruesas tabletas, no presentan alteración, sus formas son anhedrales a subhedrales, sus tamaños varían de 200 micrones a 2 mm, algunos microclinos presentan una ligera deformación producida por fenómenos de cataclasis (Foto N° 5.8), la ortosa en sus bordes lleva estructuras micrográficas.

La biotita es el constituyente máfico predominante, está en escamas sin ningún arreglo de orientación, algunas presentan alteraciones parciales o totales a cloritas.

Las muscovitas están en diminutas escamas, los accesorios están representados por la esfena, apatito y opacos que ocurren como granos intersticiales.

En Limac Punco la roca es una diorita a sillimanita, de color gris oscuro de grano medio, la plagioclasa es subhedral, son de composición An_{52-54}, algunas presentan estructuras zonadas, el cuarzo está en escaso volumen, la sillimanita está en gruesos cristales, asociados siempre con biotita que es el ferromagnesiano más abundante, conlleva ligeros microfracturamientos de cizalla y escasa dirección de foliación. Los accesorios más abundantes son los opacos.

Tres muestras de este Plutón han sido analizadas geoquímicamente. (Tabla N° 3), están caracterizadas en el dominio calco alcalino (Figs. 5.8-5.9), según los diagramas de IRVINE y BARAGAR (1971) y KUNO (1968). En el diagrama AFM las rocas definen una tendencia al enriquecimiento de fierro.

STEWART (1964) obtuvo una edad de 218 Ma K/Ar para el intrusivo de Marcapata. Sobre el camino de herradura que va de Marcapata a Cachi Cachi el intrusivo corta a las pizarras de la Formación Ananea, de la misma forma se presenta en Limac Punco. Según estas consideraciones de campo y la datación mencionada se le asigna al plutón de Marcapata, una edad Triásico superior.

5.5 INTRUSIVOS MENORES

Se designa así a un conjunto de pequeños stocks que se ubican en ambos cuadrángulos. En el sector de Ayapata al Norte del plutón de Coasa están conformando las estribaciones noreste de la Cordillera Oriental.

Están distribuidos desordenadamente, no guardan ninguna relación directa entre uno y otro, ni con los plutones mayores; pero están dirigidos hacia la zona alta y media subandina. Han producido un metamorfismo de contacto con presencia de una aureola de metamorfismo, algunos han mineralizado con vetas y cuerpos auríferos tal como ocurre con la intrusión de Casili donde está ubicado el mayor potencial aurífero de la zona, lo mismo ocurre en el cerro Ccaca - Huacce.

Las denominaciones están circunscritas a los lugares de afloramiento como son el de Joclla, Tayachi, (Foto N° 5.9) Itutata, Chullunquiani; sus facies son variadas constituyendo dioritas, granodioritas y granitos, sus texturas van de grano grueso a medio, son de colores claros, y no presentan foliación.

En la Tabla N° 3 se encuentran los análisis geoquímicos que varían de términos intermedios a diferenciados; están caracterizados en el dominio calco-alcalino (Figs. N° 5.8-5.9) según las clasificaciones de IRVING y BARAGAR (1971) y KUNO (1968).

Foto 5.9 Afloramiento del instrusivo Tayachi, al Norte de Tambillo (cuadrángulo de Ayapata).

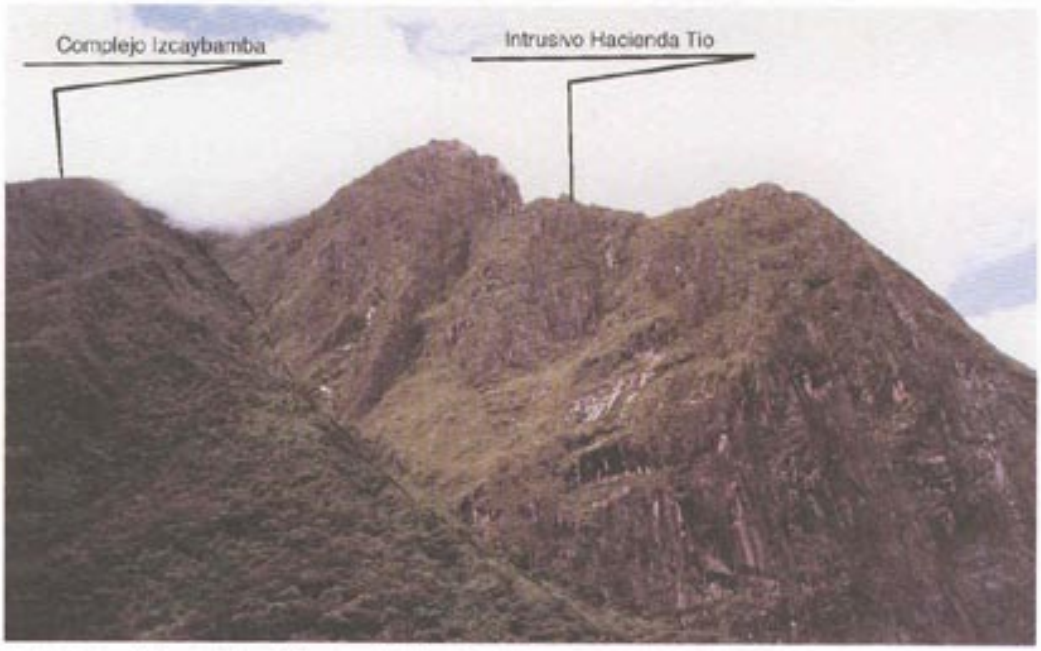


Foto 5.10 Afloramiento del instrusivo Hacienda Tío, extremo NO del cuadrángulo de Corani, cortando al complejo Izcaybamba.

Análisis Químicos del Plutón de Pumacancha - Marcapata (Corani)
Intrusivos Menores (Corani - Ayapata)

	C-53	C-106	C-98	C-101	C-102	A-100	A102
SiO_2	67.25	70.68	57.23	72.00	50.09	65.00	46.85
TiO_2	0.308	0.174	0.563	0.116	1.135	0.174	5.001
Al_2O_3	15.79	15.08	18.76	13.69	20.02	12.00	12.98
Fe_2O_3	4.29	2.05	5.00	2.59	10.72	0.71	16.53
MnO	0.064	0.031	0.144	0.038	0.128	0.016	0.240
MgO	0.87	0.54	0.43	0.65	5.22	3.37	4.35
CaO	1.47	2.20	2.02	1.84	7.16	6.15	6.52
Na_2O	3.62	4.97	7.41	3.45	2.70	4.46	3.03

	A-155	A-133	C-45	C-48	C-49	C-50	C-105	C-110
SiO_2	71.28	63.79	70.97	70.21	68.52	68.03	68.83	64.03
TiO_2	0.110	0.445	0.179	0.216	0.356	0.304	0.185	0.705
Al_2O_3	14.33	16.47	14.20	14.15	14.65	15.31	15.18	17.18
Fe_2O_3	2.41	5.36	3.12	2.95	4.02	3.84	2.77	5.36
MnO	0.032	0.053	0.066	0.064	0.059	0.055	0.047	0.066
MgO	0.33	0.54	0.79	0.65	0.98	0.98	0.76	1.19
CaO	1.01	1.56	1.56	1.93	1.93	1.47	3.03	1.65
Na_2O	3.79	3.37	3.87	4.12	3.62	3.20	1.43	2.86
K_2O	6.32	6.39	4.06	4.82	4.89	5.42	2.76	4.97

Análisis del presente trabajo

Tabla N° 3

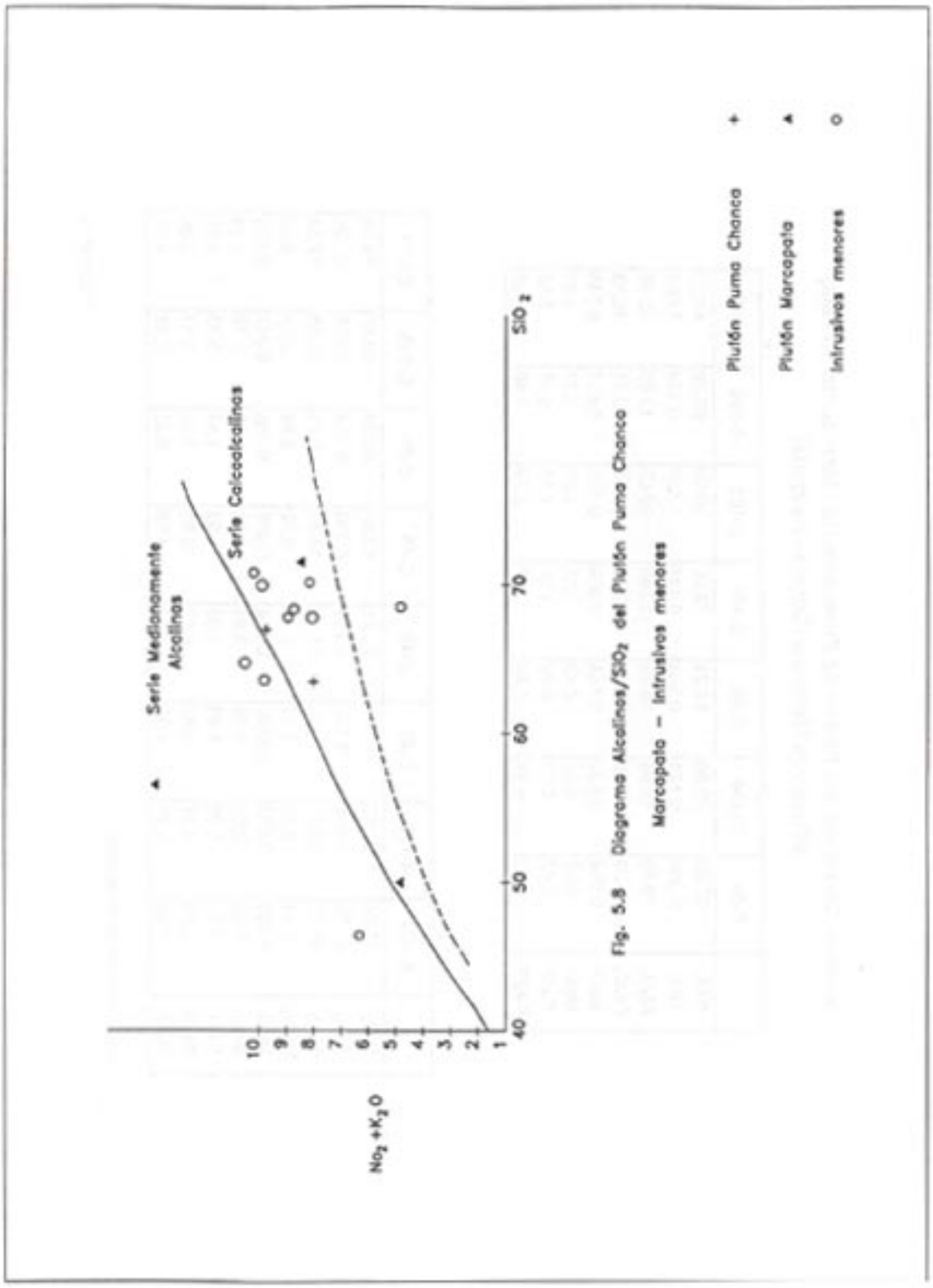


Fig. 5.8 Diagrama Alcalinas/SiO_2 del Plutón Puma Chanco Marcapata – Intrusivos menores

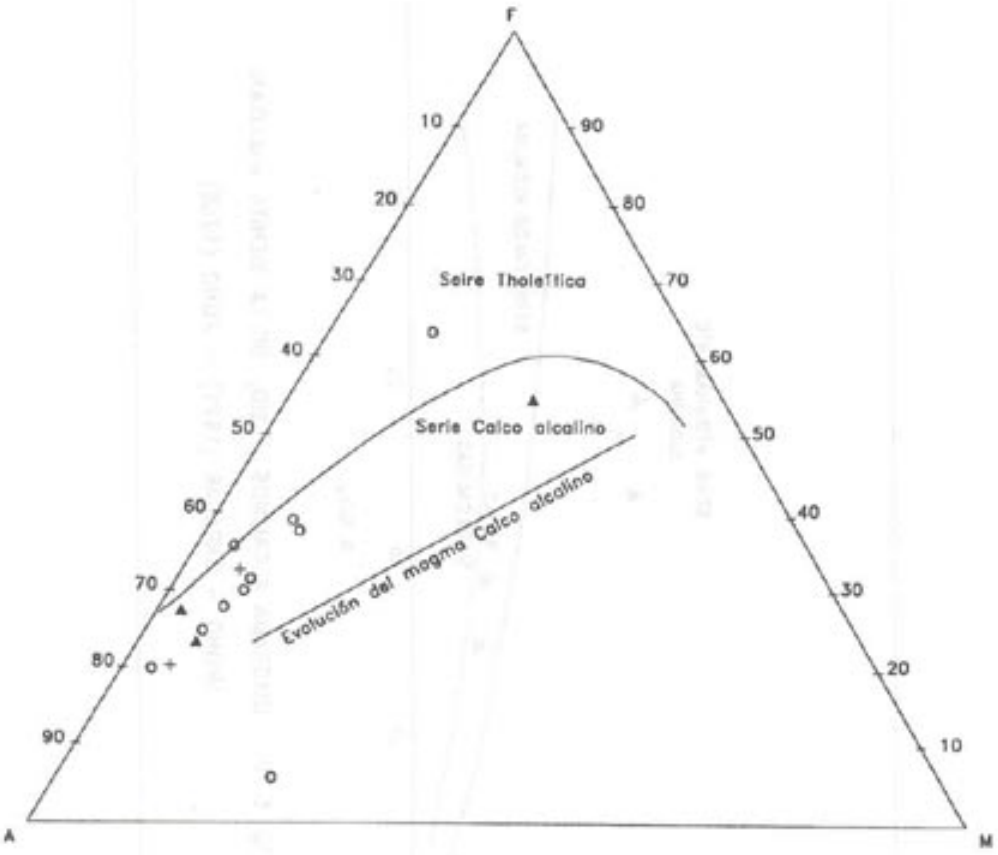


Fig. 5.9 Diagrama AFM del Plutón Marcapata Puma Chanca – Intrusivos menores

Según Irving – Baragar 1971

Plutón Puma Chanca +
Plutón Marcapata ▲
Intrusivos menores o

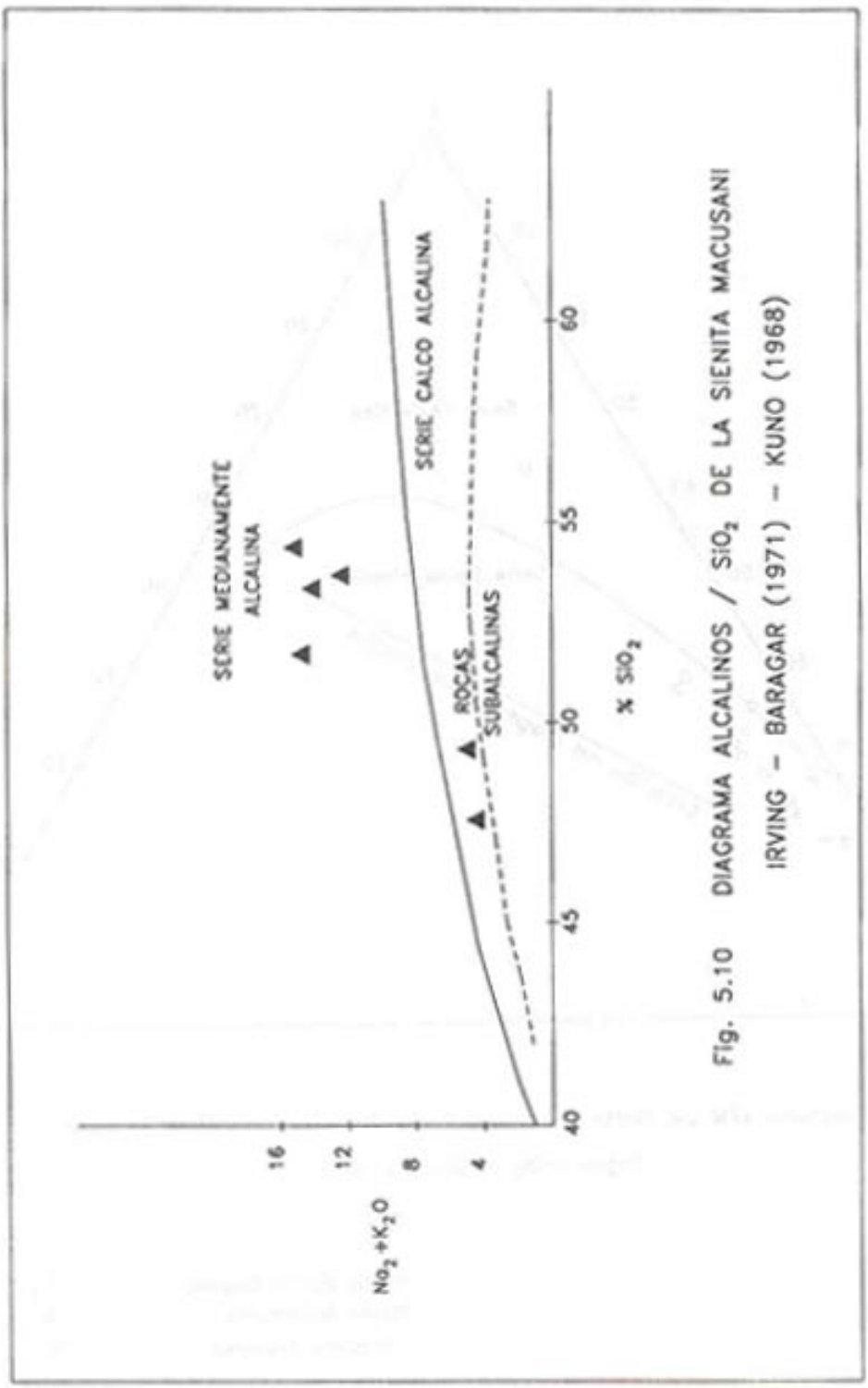


Fig. 5.10 DIAGRAMA ALCALINOS / SiO_2 DE LA SIENITA MACUSANI

IRVING - BARAGAR (1971) - KUNO (1968)

Foto 5.11
En el primer plano la sienita Macusani, al fondo corta a la Formación Ananea, cerca del puente San Francisco en Ollachea.

Foto 5.12 Sienita Macusani, foliada por la falla Corani Paquillusi

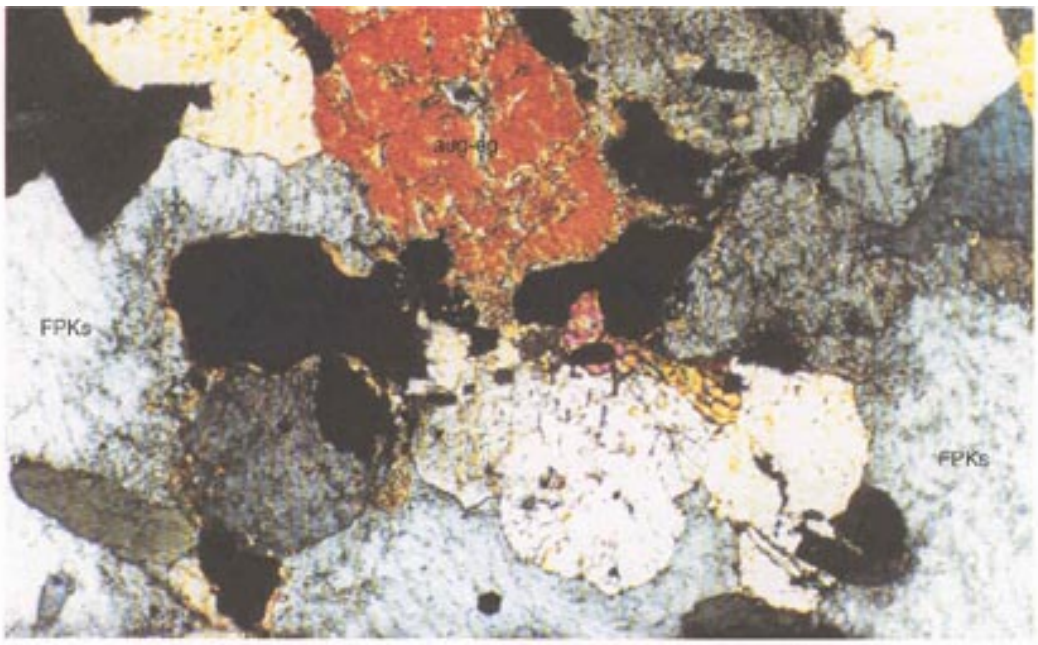


Foto 5.13 Gruesos cristales de augita-erigina, formando textura cumulofídica, rodeados de cristales de ortosa. Nicoles Xs: 100 x de aumento.

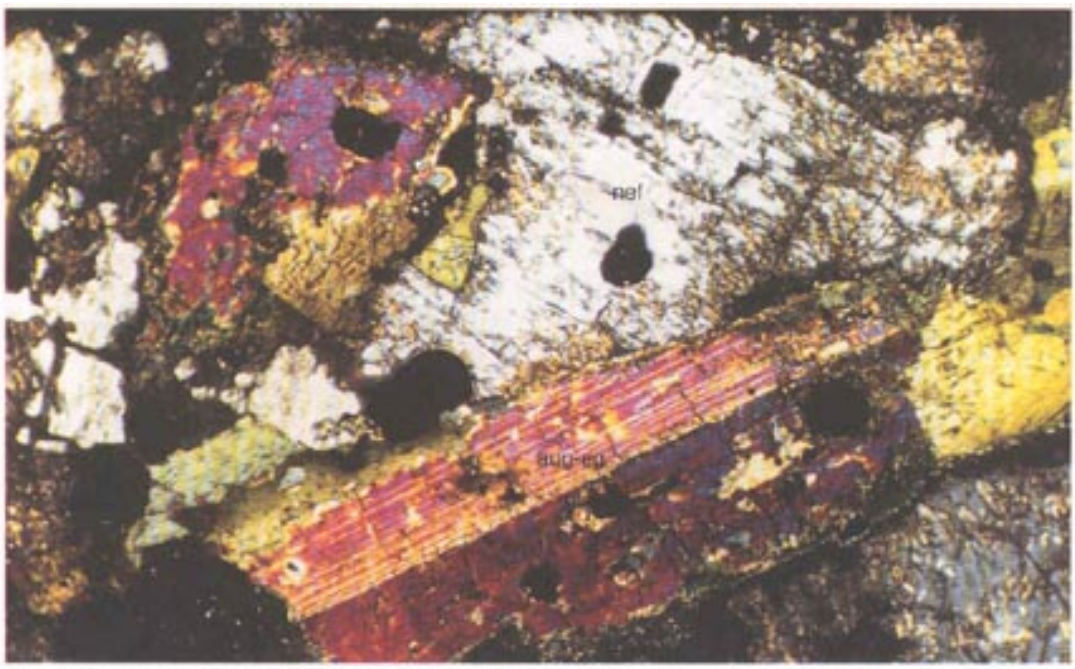


Foto 5.14 En la parte central cristales de nefelina, asociados con augitas-egirinas y opacos. Nicoles Xs: 100 x de aumento.

En el área de Corani, mayormente, conforman las cumbres de la Cordillera Oriental; pero sus crestas se alínean en dirección a la zona subandina, comprende entre otros stocks el de Palca - Pampa, Pujioni, Huanacune, Socapata y Hacienda Tio, (Foto N° 5.10) al igual que en el cuadrángulo de Ayapata han producido un metamorfismo de contacto y en algunas casos como el intrusivo de Fancipata, en su borde noreste, ha desarrollado una mineralización de Cu - Ag. Sus facies varían de granodioritas a granitos de grano grueso a medio sin deformación cataclástica. Por sus análisis químicos que se presentan en la Tabla N° 3, se les caracteriza en el dominio calco-alcalino según IRVING y BARAGAR (1971) y KUNO (1968), (Fig. N° 5.8) el mismo comportamiento presentan en el diagrama AFM (Fig. N° 5.9).

No se dispone de dataciones geocronométricas pero se tiene evidencias de campo claras como para fijar su edad relativa post-paleozoica. Sin embargo es conveniente destacar la ausencia de rocas mesozoicas, teniendo que considerar la posibilidad de una edad más temprana para estos intrusivos.

5.6 SIENITA DE MACUSANI

La sienita de Macusani aflora ampliamente al Norte de Macusani sobre la carretera que conduce hacia Ollachea (Foto N° 5.11), se sitúa en los límites central Este y Oeste de los cuadrángulos de Corani y Ayapata, respectivamente; también se presentan en las estribaciones del nevado Allín Ccapac.

La topografía desarrollada por la sienita se caracteriza por cerros de relieve abrupto que conforman parte de la Cordillera Oriental. En el borde externo norte de este plutón, más exactamente en la confluencia de los ríos Corani y Macusani se presenta la sienita nefelínica con una coloración gris clara, con textura gruesa, acompañada por una foliación, producto de un accidente tectónico, asociadas a fracturas de cizallamiento que afectan tanto al plutón sienítico como a la Formación Ananea (Foto N° 5.12).

No se han podido observar pulsos multifásicos de otros tipos de rocas, sin embargo se observan sobre la carretera algunos diques monzodioríticos a piroxeno de grano fino con desarrollo accidental de ortosa, que cortan a la sienita, su diaclasamiento es casi regular, con una dirección promedio de N 145° E. Tampoco se ha observado xenolitos de rocas de basamento.

Al Suroeste de Chillacori, cerca del contacto con las facies volcano-sedimentarias del Grupo Mitu, aparecen facies de contacto tipo corneana, de grano fino producto del emplazamiento de la sienita Macusani, con presencia de gruesos feldespatos de ortosa. En este mismo sector se emplaza una mineralización diseminada de abundante pirita acompaña-

da de una alteración tipo cloritización y silicificación moderada, ocasionalmente esta mineralización esta asociada con brechas hidrotermales. En la ruta Macusani-Ayapata sobre el borde oeste de la falla Huascani Cocha la sienita Macusani corta al Grupo Mitu, siendo sus facies más porfiríticas que las de Ollachea.

Las facies petrográficas reconocidas son: sienitas a piroxeno-anfíbol y sienitas nefelínicas.

5.7 SIENITA A PIROXENO - ANFÍBOL

Presentan una textura de grano grueso, formada principalmente por gruesos cristales subhedrales de feldespato ortosa, en menor proporción se encuentran las micropertitas, siendo muy escasa la presencia de plagioclasas, las augitas-egirinas forman agregados glomeroporfídicos (Foto N° 5.13), los anfíboles algunos de ellos están alterados a cloritas, mientras que otros están como relictos oxidados, los minerales accesorios son muy comunes: apatitos, esfenas, que están formando pequeñas concentraciones, también es destacable la presencia de epídotas, calcita y opacos.

5.8 SIENITA NEFELÍNICA

Este tipo de facies es el de menor presencia, su mineralogía es muy similar a la sienita de piroxeno, macroscópicamente presenta una textura gruesa porfirítica, de color gris claro, holocristalina, sus contactos están bien expuestos en la confluencia de los ríos Corani y Macusani, corta a la formación Ananea, tal como se observa en los alrededores del puente San Francisco. La fase mineralógica más importante es la ortosa que se presenta en cristales subhedrales, sin alteración; la nefelina es el feldespatoide más destacable, presentan cristales subhedrales, formando playas irregulares con débil alteración a sodalitas (Foto N° 5.14).

Los minerales máficos están representados por augitas-egirinas, anfíboles; la biotita está como inclusión en algunos ferromagnesianos, pero en general están en gruesos cristales asociados con los piroxenos sódicos, escasamente se distinguen microcristales de apatitos y opacos.

En la Tabla N° 4 se presentan 6 análisis geoquímicos, su distribución en el diagrama de IRVING - BARAGAR (1972) y KUNO (1968), (Fig. N° 5.10), están caracterizados en el dominio alcalino, a subalcalino. En lo que respecta a los diagramas de variación tipo Harker, (Fig. N° 5.11) se distingue un incremento de Al_2O_3, Na_2O, K_2O para los términos más diferenciados, mientras que hay un decaimiento del líquido inicial en el CaO y MgO vinculado a una cristalización fraccionada de las fases máficas y probablemente de la plagioclasa, causando un incremento en los alcalinos.

Este intrusivo corta las volcanitas del Grupo Mitu desarrollando facies de metamorfismo de contacto, tal como se ha observado en Chillacori; lo mismo sucede en las estribaciones orientales del nevado Chichiccapacc. LAUBACHER (1978) propone una edad máxima de 260 Ma. Una edad mínima de la sienita es proporcionada por STEWART (1974) por K-Ar en biotitas asignándole una edad de 184.2 Ma. KONTAK (1984) usando el método de datación K-Ar en biotitas asigna a la sienita nefélinica de Macusani edades de 174.4 ± 3.6 Ma y 155 ± 4.3 Ma. Esto sugiere que las dataciones realizadas por KONTAK (1984) serían las más concordantes con las observaciones de campo realizadas en el presente estudio, por lo que las sienitas de Macusani se habrían emplazado en el Jurásico medio.

5.9 INTRUSIVO SUBVOLCÁNICO

Con esta denominación se hace referencia a un solo afloramiento, ubicado en el borde central oeste del cuadrángulo de Corani que continúa en el sector de Ocongate; está conformando las estribaciones del nevado Aquichu, su forma es alargada en dirección Este-Oeste, sus contactos con las rocas encajonantes son bastantes netos. Petrográficamente se trata de andesitas porfiríticas con una matríz microlítica fluidal.

Considerando sus relaciones de contacto, corta a la Formación Ananea. AUDEBAUD (1973) en el cuadrángulo de Ocongate le asigna la edad Terciario superior debido a que corta estructuras del Cretáceo. Para el presente trabajo le consideramos la misma edad.

Análisis Geoquímicos por roca total de la Sienita Macusani

	58-A	59	60	305	305A	301
SiO_2	51.80	53.74	54.59	47.44	53.68	48.47
TiO_2	1.04	0.50	0.83	2.91	0.57	2.28
Al_2O_3	20.42	21.25	18.70	15.41	22.07	17.03
FeO_3	2.76	3.37	2.94	1.78	2.97	1.32
FeO	2.61	2.38	1.05	10.75	0.05	9.40
MnO	0.17	0.22	0.10	0.21	0.10	0.19
MgO	1.09	0.95	0.89	5.78	1.17	5.28
CaO	2.46	1.44	2.67	9.99	1.39	9.29
Na_2O	9.73	4.52	9.33	3.24	5.52	2.87
K_2O	5.25	7.98	6.34	1.44	8.77	2.07
P_2O_5	0.48	0.20	0.27	0.46	0.19	0.41

Análisis según el presente trabajo

Tabla N° 4

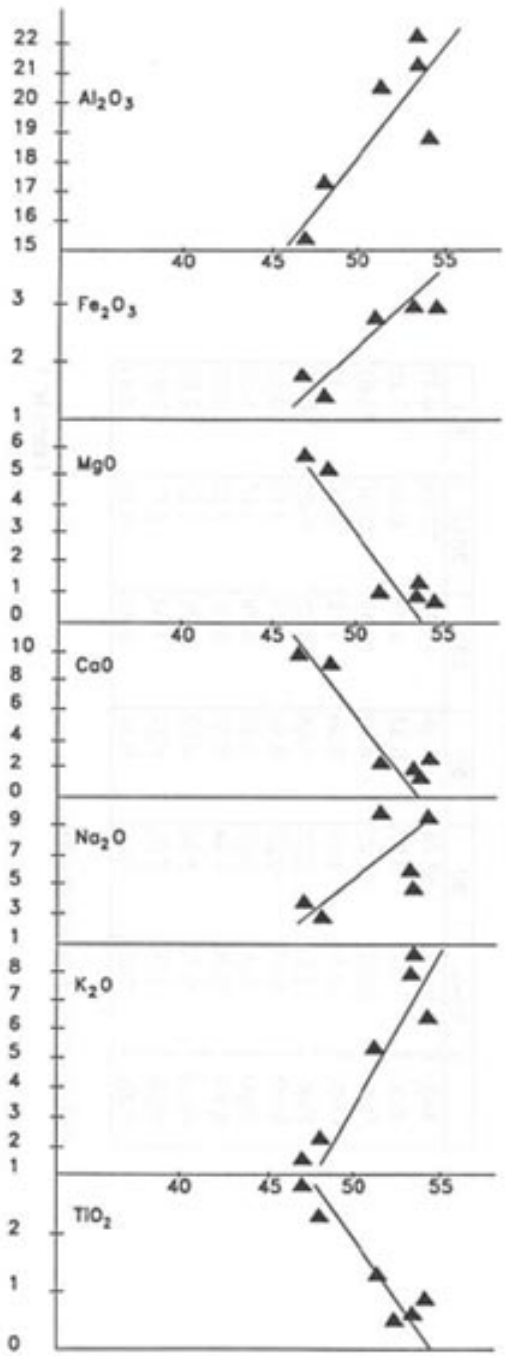


Fig. 5.11 ANÁLISIS QUÍMICO DE LA SIENITA MACUSANI PLOTEADAS EN EL DIAGRAMA DE HARKER

Capítulo VI

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

El área de estudio abarca un segmento de la Cordillera Oriental, compuesto por terrenos en mayor proporción del Paleozoico inferior, en menor proporción del Paleozoico superior, el Cretáceo está poco representado, y unas capas ignimbríticas tabulares del Neógeno completan el edificio estructural.

Los terrenos del Paleozoico inferior, con una litología mayormente pelítica a excepción de la Formación Sandia, compuesta por areniscas, pero que también contiene intercalaciones arcillosas, muestra una deformación de tipo plástico.

El Paleozoico superior se presenta incompleto, y conformando mayormente monoclinales fallados.

El Neógeno se presenta en una posición subhorizontal tabular inclinado levemente hacia el NE.

Dos sistemas de fallas principales afectan los diferentes terrenos que conforman el área de estudio. Estas características permiten diferenciar tres dominios estructurales: (Fig. N° 6.1)

6.1 DOMINIO ESTRUCTURAL DE AYAPATA

Es el dominio más extenso, está situado al Norte de la falla Ollachea. Está compuesto por terrenos de la Formación Sandia y Grupo San José; estas unidades están afectadas por una deformación plástica, que produce una serie de anticlinales y sinclinales más o menos abiertos.

En este dominio se sitúa la zona axial de la cadena eohercínica, la misma que está centrada sobre el Grupo San José.

Esta zona axial está limitada hacia el NE, por la falla Inambari que pone en contacto la Formación Sandia con terrenos del Cretáceo y hacia el SO por la falla Tocco Rumi, que pone en contacto el Grupo San José con la Formación Sandia. Entre estas dos fallas el Grupo

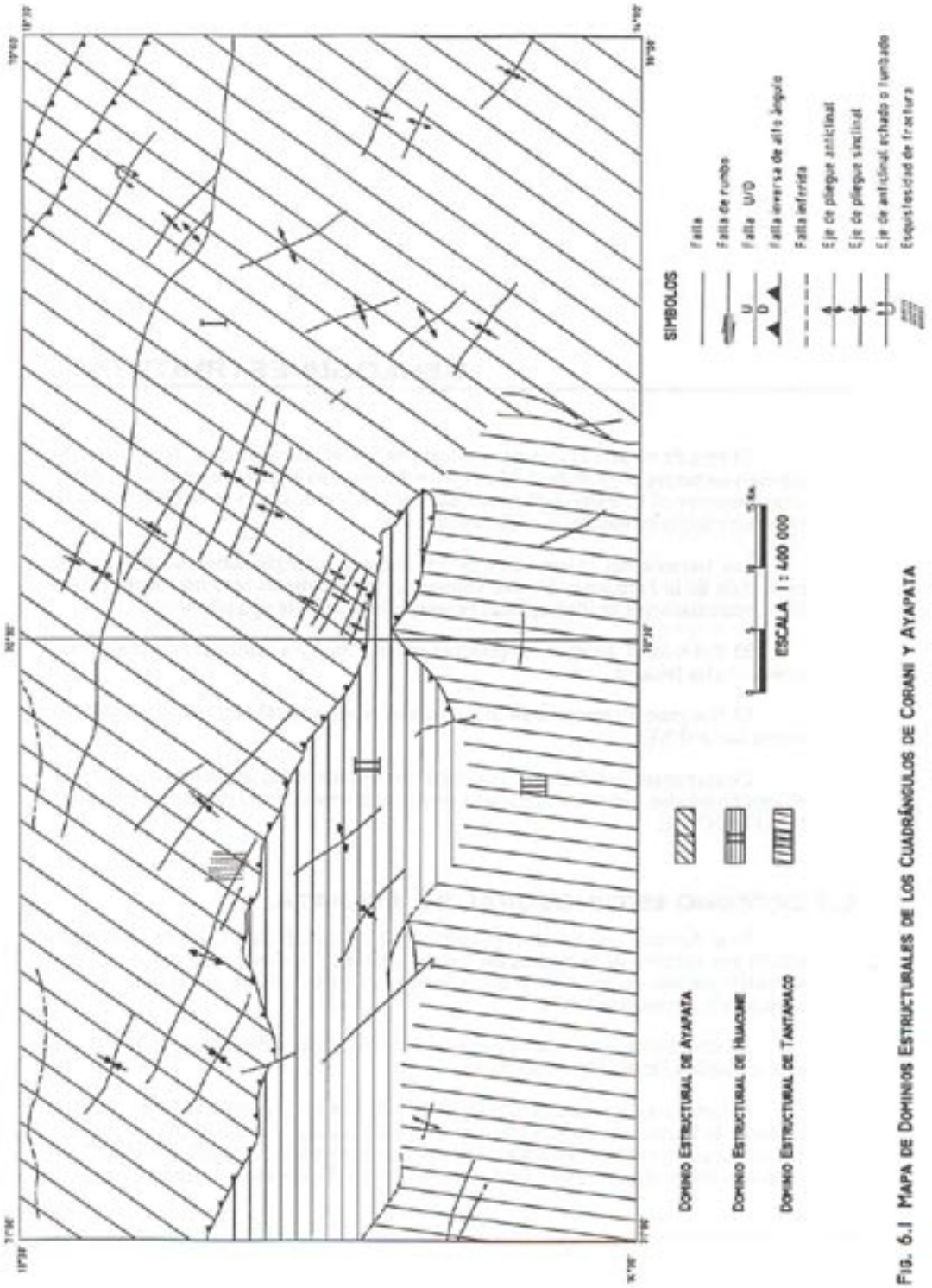


FIG. 6.1 MAPA DE DOMINIOS ESTRUCTURALES DE LOS CUADRÁNGULOS DE CORANI Y AYAPATA

San José y la Formación Sandia están plegadas formando una especie de abanico echado sobre ambos flancos (Fig. N° 6.2). Apartir de esta estructura la vergencia tectónica es opuesta tanto hacia al NE como al SO, así la falla Inambari, está echada hacia el SO y la falla Tocco Rumi está echada hacia el NE.

Hacia el SO de la falla Tocco Rumi la Formación Sandia se encuentra afectada por un plegamiento que forma una serie de anticlinales y sinclinales abiertos, aquí hay que destacar un cambio de dirección del plegamiento a la altura del pueblo de Ayapata (Fig. N° 6.3).

Al Este de Ayapata los ejes de los pliegues tienen una dirección preferencial N 160º E y hacia el NO de Ayapata los ejes de los pliegues tienen una dirección N 110º - 120º E.

Este cambio de dirección se encuentra hacia el Norte de la falla Huascani Cocha, este cambio podría ser debido a la prolongación hacia el Norte de dicha falla, cosa que no ha sido posible poner en evidencia sobre el terreno; sin embargo si la falla se prolongase hacia el Norte tendría importancia en la prospección minera, pues se han observado alteraciones hidrotermales asociadas a esta falla, es los alrededores de Maychacancha, las cuales podrían presentarse también en esta zona transcurrente.

Dentro del Grupo San José como en la Formación Sandia, en las pizarras se observa la asociación mineralógica, clorita, sericita, muscovita, que indican un metamorfismo epizonal. Se ha observado sillimanitas y andalucitas pero restringidas a las aureolas de contactos de los cuerpos de intrusivos las cuales se han desarrollado por metamorfismo de contacto.

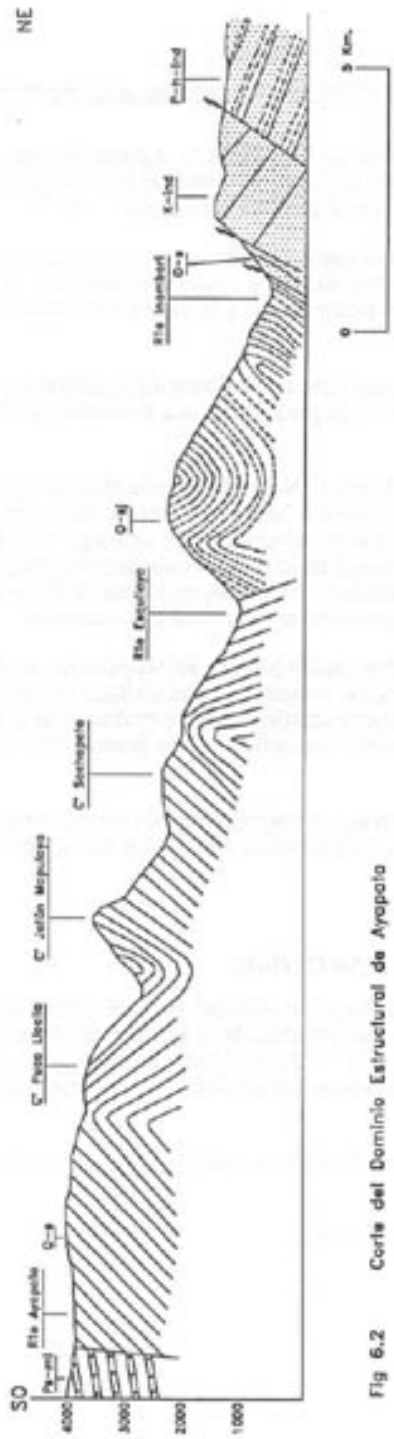
En este dominio estructural se han emplazado la mayor parte de cuerpos intrusivos, como los plutones de Coasa, San Gabán, Pumachanca, Marcapata los cuales en su mayoría cortan a la Formación Sandia.

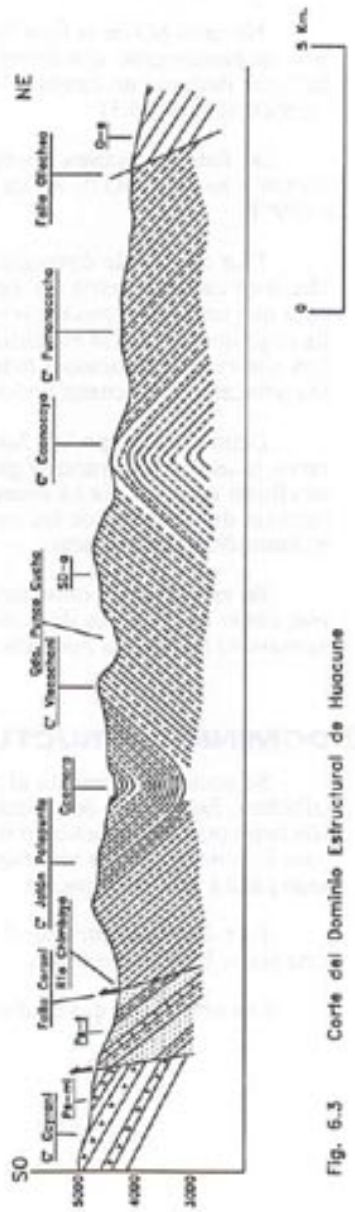
6.2 DOMINIO ESTRUCTURAL DE HUACUNE

Se encuentra limitado al SO por la falla Paquillusi-Corani y al NE por la falla Ollachea. Entre estas dos fallas se encuentran las pizarras de la Formación Ananea, afectadas por un plegamiento plástico abierto (Fig. N° 6.3) el cual forma un sinclinal y un anticlinal; además una esquistosidad de fractura, subparalela a la estratificación, acompaña a esta deformación.

Este dominio estructural así como el de Tantamaco están truncados hacia el Este por el Batolito de Coasa.

Las estructuras que conforman este dominio son:


NE
SO
5 Km.
0
Fig 6.2 Corte del Dominio Estructural de Ayapata


NE
SO
5 Km.
0
Fig. 6.3 Corte del Dominio Estructural de Huacune

Anticlinal Yanacocha

Cuyo eje tiene una dirección general NO-SE, con ligera desviación al O, en el sector central del cuadrángulo de Corani. El núcleo está ocupado por sedimentos de la Formación Ananea, los buzamientos del flanco oriental son suaves mientras que los del flanco occidental son ligeramente más fuertes.

Sinclinal Camara

Ubicado en la zona central del cuadrángulo de Corani, su eje presenta una orientación preferencial NO-SE, con una inflexión hacia el Sureste, su núcleo está conformado por rocas sedimentarias siluro-devonianas del Paleozoico inferior de la Formación Ananea, se extiende desde las nacientes de la quebrada Corcocucho hasta el río Laca.

6.3 DOMINIO ESTRUCTURAL DE TANTAMACO

Ocupa la parte sur del cuadrángulo de Corani y la parte SO del cuadrángulo de Ayapata. (Fig. N° 6.4).

Este dominio se encuentra limitado al Norte por la falla Corani-Paquillusi y al Este por el sistema de fallas transcurrentes de Huascani Cocha.

Este dominio está compuesto en su mayor parte por terrenos del Grupo Mitu, que son mayormente de composición volcánica, se hallan formando un gran monoclinal inclinado de 20°-40º hacia el NE, es el caso de los afloramientos de los alrededores del nevado Allinccapacc, valle de Macusani, valle de Corani, sólo se observa un anticlinal en el cerro Sorayoc ubicado en la esquina SO del cuadrángulo de Corani.

En este dominio también se presentan terrenos del Carbonífero (grupos Ambo y Tarma) en monoclinales limitados por fallas.

Completa la estructura de este dominio una sucesión de flujos ignimbríticos tabulares en discordancia angular con el Grupo Mitu. Estas ignimbritas están afectadas por un fallamiento y fracturamiento de dirección NE en el que se ha emplazado mineralización de uranio; estas estructuras se presentan en el cerro Chapuloma, en los cerros Pacrapata y Santo Pucará.

FALLAS

Se ha logrado diferenciar tres sistemas de fallas:

A) Sistema de Fallas Longitudinales

Tienen una orientación NO-SE, a este sistema pertenecen las fallas Paquillusi, Corani, Ollachea, Tocco Rumi, Inambari, Centiuno y fallas menores.

A.l. Falla Paquillusi.- Ubicada en el extremo central oeste del cuadrángulo de Ayapata una falla inversa de alto ángulo que pone en contacto rocas siluro-devonianas de la Formación Ananea al Noreste con las permo-triásicas del Grupo Mitu al Suroeste, así como a intrusivos del Jurásico inferior-medio (sienita nefelínica), su orientación preferencial es de N 70º O, con una inflexión al Suroeste, se prolonga al cuadrángulo de Corani hasta Quisayoc donde es truncada por una falla transversal de orientación N 15º O. Posiblemente sea la prolongación de la falla Corani. A lo largo de esta falla está repartido la mayor cantidad de alteraciones hidrotermales, se observa además zonas de brechas con grandes bloques decamétricos acompañadas de mineralización y silicificación, esto es observable 200 m aguas abajo del puente San Francisco sobre el río Macusani (Fotos N° 6.1-6.2).

A.2.Falla Corani. - Es una falla inversa de alto ángulo que se ubica entre Huacune y el cerro Angostura en el sector central del cuadrángulo de Corani, tiene una orientación Noroeste-Sureste, a la altura de la quebrada Pachachani es cortada por una falla transversal más reciente que se extiende desde Occo Pata hasta Pampa Cerro. Pone en contacto rocas del Paleozoico inferior con las del Permo-Triásico.

A.3. Falla Ollachea.- se trata de una falla inversa de alto ángulo, ubicada en el extremo central occidental del cuadrángulo de Ayapata, que pone en contacto a rocas sedimentarias de la Formación Sandia al Noreste con las de la Formación Ananea al Suroeste, presenta una orientación N 75º O, con una inflexión al Sureste bien marcada en el cerro Maychane. En el cuadrángulo de Corani se extiende de extremo a extremo poniendo en contacto rocas sedimentarias ordovícicas de la Formación Sandia hacia el Noreste con rocas siluro-devonianas de la Formación Ananea y del Permo-Triásico del Grupo Mitu. (Fig. N° 6.5)

A.4.Falla Tocco Rumi . - Está situada en la parte N y NE de los cuadrángulos Corani y Ayapata. Es una falla inversa que pone en contacto el Grupo San José con la Formación Sandia, tiene una dirección general de N 120º E y un buzamiento aproximado de 60º hacia el NE.

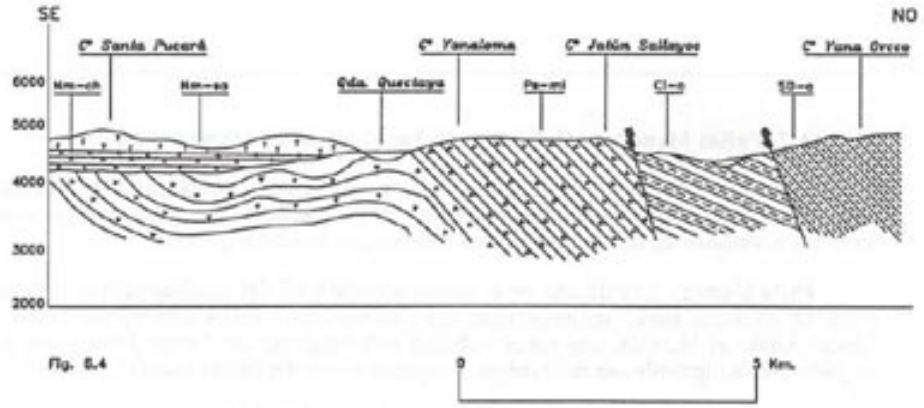


Fig. 5.4

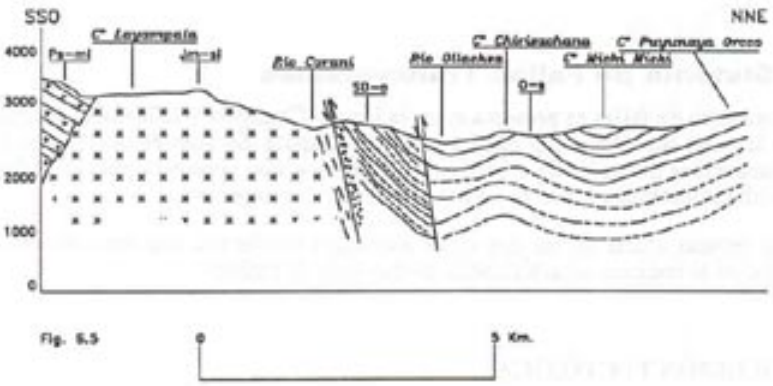


Fig. 5.5

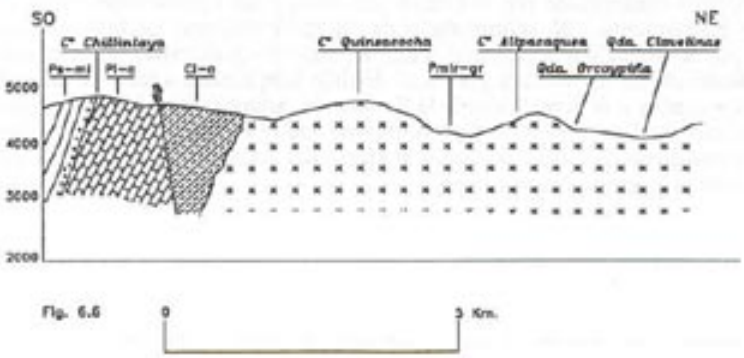


Fig. 5.6

A.5.Falla Inambari.- Está situada en el NE del cuadrángulo de Ayapata, tiene una dirección N 125º E y un buzamiento de 65º a 70 º hacia el SO. Se trata de una falla inversa cuyo salto de falla sería considerable, pues pone en contacto la parte inferior del Paleozoico inferior (Grupo San José), con el Cretáceo. Esta falla posiblemente sea el límite estructural entre la Cordillera Oriental y la cuenca subandina de Madre de Dios.

A.6.Falla Centiuno.- Ubicada también en la esquina NE del cuadrángulo de Ayapata, tiene una dirección N 120º E y un buzamiento hacia el SO. Es un falla inversa que pone en contacto terrenos del Cretáceo con el Paleógeno (Grupo Huayabamba).

A.7. Fallas Menores.- Generalmente longitudinales de poca extensión:

Falla Occe Uno.- Es una falla inversa, presenta una orientación Noroeste-Sureste, y se ubica en el extremo central oeste del cuadrángulo de Corani, pone en contacto rocas sedimentarias del Paleozoico inferior con las del superior.

Falla Cunca.- Localizada en el extremo occidental del cuadrángulo de Corani, pone en contacto rocas sedimentarias del Carbonífero inferior correspondientes al Grupo Ambo al Noreste, con rocas volcano sedimentarias del Grupo Mitu, cubierta en parte por las ignimbritas del Neógeno superior y por depósitos glacio fluviales.

Existen otras estructuras pequeñas como las del Sur de Minas Cunca (cerro Cumayoc), que presentan evidencias de haber cortado a las ignimbritas, cuyas direcciones promedio son N 30º 0, estructuras similares se localizan en el cerro Colque Cruz, Santa Pucará y Pacrapata.

B) Sistema de Fallas Transversales

Este sistema de fallas se presenta entre la laguna Chungara y la laguna Umaccia situada en la parte sur central del cuadrángulo de Ayapata. Se trata de un sistema de fallas transcurrentes dextrales de orientación Norte - Sur que pone en contacto la Formación Sandia (Ordovícico), con el Grupo Mitu (Pérmico superior).

En el terreno aparte de las dos fallas asociadas se observa una serie de fallas menores lo cual le confiere características de una zona de cizalla.

EVOLUCIÓN TECTÓNICA

Como se desprende de la descripción estratigráfica y estructural de la zona de estudio, existen terrenos del Paleozoico inferior, Paleozoico superior y Cenozoico, que están deformados; si bien no existen elementos precisos para datar estas deformaciones se puede reconocer las siguientes fases tectónicas:

- Fase Eohercínica. Esta fase sería responsable del plegamiento plástico del Paleozoico inferior conformado por el Grupo San José, y las Formaciones Sandia y Ananea. Este plegamiento está acompañado de un metamorfismo de tipo epizonal representado por la asociación mineralógica clorita, sericita -muscovita y el desarrollo de una esquistosidad (S_1) de fractura y a veces de flujo subparalelo a (S_0). La edad de esta fase sería posterior a la deposición de la Formación Ananea o sea fini-devoniano, no se ha observado la discordancia o discontinuidad con el Grupo Ambo, sin embargo se advierte una discontinuidad en cuanto al efecto del metamorfismo epizonal que afecta al Paleozoico inferior y no al superior.

- Fase Tardihercínica. Si bien en el área de estudio el Paleozoico superior compuesto por los Grupos Ambo, Tarma y Copacabana no están extensamente representados, estos terrenos se encuentran conformando monoclinales con buzamientos entre 30º-40º hacia el NE, estas estructuras formarían parte de un plegamiento que afectó al Paleozoico superior. Además, en el cerro Chillintaya situado en el extremo sur central de Ayapata (Fig. N° 6.6) se puede observar una discordancia angular entre el Grupo Copacabana del Pérmico inferior y el Grupo Mitu del Pérmico superior, esta discordancia sellaría la fase tectónica tardihercínica ocurrida hacia finales del Pérmico inferior y comienzos del Pérmico superior.

6.4 TERRENOS DEL DOMINIO ANDINO

TECTÓNICA ANDINA

En el área de estudio existen terrenos de edad cretácea que puedan evidenciar esta fase, sin embargo aquí merece mencionar un perfíl (Fig. N° 6.5) situado en el valle del río Macusani en el que la falla Corani-Paquillusi hace subir la Formación Ananea (Devoniano) con respecto a la sienita nefelínica de edad Jurásico medio; la sienita cerca del contacto tiene desarrollada una foliación de minerales que desaparece hacia el interior de este cuerpo intrusivo, esto probaría que esta foliación sería por efecto tectónico de la falla, y que ésta habría funcionado posteriormente a la intrusión de la sienita.

Posiblemente entonces las fallas Corani-Paquillusi y Ollachea tengan también un funcionamiento post-Jurásico.

6.4.1 FASE QUECHUA II DEL MIO-PLIOCENO

Esta fase sería de carácter distensivo la cual afectaría la parte SO de la Cordillera Oriental, dando lugar al fracturamiento y formación de depresiones como la de Corani-Ananea, estas depresiones se rellenan con un vulcanismo ignimbrítico félsico, que oblitera práctica-

mente las fallas normales y recubre en discordancia angular terrenos del Paleozoico superior (Fig. N° 6.4).

6.4.2 FASE QUECHUA III DEL PLIOCENO

También de carácter distensivo el cual afecta los depósitos tabulares ignimbríticos, están representadas por las fallas y fracturas observables en los cerros Chapuloma, Santo Pucará, Pacrapata situados sobre la meseta ignimbrítica de Corani.

Foto 6.1 Brecha de la Falla Paquillusi, en la margen izquierda del río Macusani a 200 m aguas abajo del puente San Francisco.

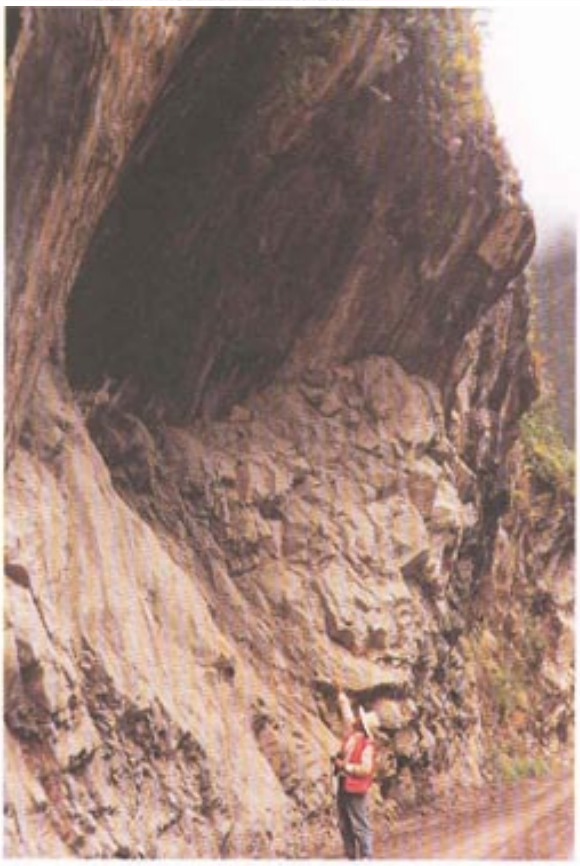


Foto 6.2
Bloques decamétricos estriados de la zona de falla, de la falla Paquillusi 200 m aguas abajo del puente San Francisco.

Capítulo VII

GEOLOGÍA ECONÓMICA

Dentro del territorio que delimitan los cuadrángulos de Corani y Ayapata se ubican yacimientos de substancias minerales metálicas como galena, galena argentífera, estibina, blenda, chalcopirita , wolframita, casiterita, oro y uranio.

La mineralización de sulfuros básicos se presenta en cuerpos de pequeñas dimensiones, con leyes de valores bajos y concentraciones irregulares (estructuras en rosario, vetillas y venillas). La falta de vías de comunicación y la ausencia de plantas de tratamiento para minerales de baja ley, hacen que la actividad minera de la región sea muy limitada en la actualidad; las minas y prospectos mineros de metales básicos se encuentran paralizados y sólo se mantiene activa la explotación aurífera, principalmente de yacimientos filoneanos, siendo reducida la explotación del oro detrítico que se encuentra en algunas localidades ribereñas de algunos de los ríos más importantes de la zona de estudio.

La mineralización de uranio, considerada potencialmente interesante, se mantiene como reserva hasta que el Estado Peruano, que es su propietario, decida iniciar su explotación. Los estudios correspondientes a su evaluación han sido realizados por el Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN) con la colaboración de entidades como la Comisión de Energía Atómica de Estados Unidos USAEC, el Organismo Internacional de Energía Atómica, la Misión Alemana de Investigación del Vilcabamba, la misión Francesa ORSTOM y otras.

Metalogenéticamente es posible diferenciar tres zonas mineralizadas (Fig. N° 7.1):

- Zona de mineralización de Pb-Zn-Ag-Sb-Sn
- Zona de mineralización de uranio
- Zona de mineralización de oro.

Zona de mineralización de Pb - Zn - Ag - Sb - Sn

Se ubica en la cordillera oriental y constituye la continuación de la zona de mineralización de metales básicos de los cuadrángulos adyacentes (Nuñoa y Macusani). A continuación se describen las características de algunas minas y prospectos mineros de esta zona.

Mina Chimboya

Se ubica en las nacientes del río Chimboya, margen izquierda, junto al abra o Apacheta Chimboya.

La mineralización se presenta en estructuras en rosario lenticulares de aproximadamente 10 metros de largo, con un grosor promedio de 1.20 metros. El relleno mineral está constituido por wolframita (probablemente variedad ferberita), estibina, algo de galena y blenda, junto con pirita, cuarzo y calcita.

La roca hospedante es un pórfido andesítico, emplazado en pizarras y cuarcitas de la Formación Ananea. Actualmente no continúa su explotación. La trocha carrozable que llega desde Macusani se encuentra semi destruida.

Mina Surapata

Se ubica al pie del nevado Jurcay Cuchillo, en la parte alta de la ladera izquierda del río Chimboya, aproximadamente a 3 km al Noreste de la Mina Chimboya, y es accesible por la misma trocha carrozable que viene desde Macusani, distante unos 55 km.

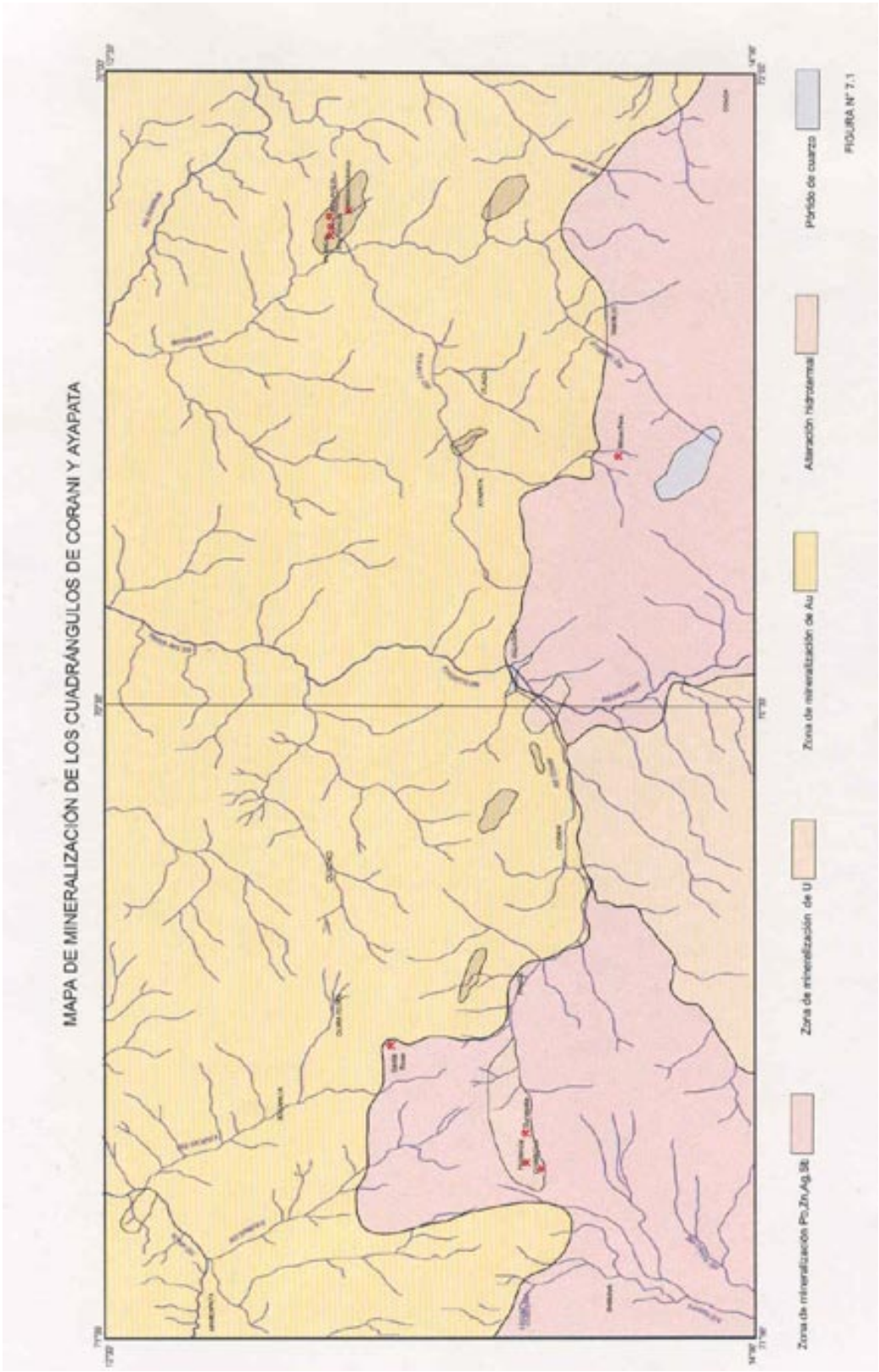
La mineralización se hospeda en un pórfido andesítico y en la zona de contacto con lutitas de la Formación Ananea. Las vetas tienen contenido de galena argentífera, blenda, cerusita y anglesita, acompañados por baritina, calcita y cuarzo, constituyendo tres áreas mineralizadas aledañas, denominadas Cebadacancha, San vicente y Chabuca.

Cebadacancha es un conjunto de vetillas longitudinales y transversales con mineralización de esfalerita, galena y baritina, presenta un afloramiento de 150 m de longitud y un grosor promedio de 5 m. San Vicente es un conjunto de 3 vetas, con afloramientos poco conspícuos; la mineralización se presenta en lentes de grosores entre 0.30 y 1.0 m de longitudes de 8 a 20 m. Los minerales son galena argentífera y cerusita.

Chabuca es otro grupo de vetas angostas, con grosores entre 0.05 a 0.60 m, en típica estructura en “rosario”. El relleno mineral está constituido por galena argentífera, algo de blenda y pirita, con cuarzo y calcita.

Mina Hortencia

Esta mina se ubica al pie de los nevados San Braulio y Jurcay cuchillo, entre las minas Chimboya y Surapata. La mineralización se hospeda en pórfido andesítico, en estructuras delgadas que constituyen vetillas y venillas entrecruzadas. Su afloramiento no es conspícuo y


MAPA DE MINERALIZACIÓN DE LOS CUADRÁNGULOS DE CORANI Y AYAPATA
Zona de mineralización Pb,Zn,Ag,Sb
Zona de mineralización de U
Zona de mineralización de Au
Alteración hidrotermal
Pórido de cuarzo
FIGURA N° 7.1

sus dimensiones son de poca extensión, entre 30 y 50 m, la cobertura de material coluvial no permite ver más afloramientos. Los minerales presentes son galena, estibina, wolframita y casiterita en pequeñas cantidades. En la actualidad no se trabaja.

Mina La Mal Apagada

Se ubica en el lado sur del nevado Chimboya y sólo es accesible por camino de herradura.

La mineralización se aloja en roca andesítica y en filones o vetas con estructuras en "rosario" con grosores de 0.30 a 3.0 metros. Los minerales presentes son la galena argentífera y la blenda, acompañados de pirita y cuarzo. En la actualidad no se explota.

Mina Nuevo Tres Cruces Nº1-A

Se encuentra ubicada entre los parajes Minasmayo y Laurapampa, parte alta del flanco oriental de la cordillera, aproximadamente 2 km al Sur del pueblo de Marcapata.

La mineralización se aloja en el contacto de un intrusivo granítico - granodiorítico con lutitas de la Formación Ananea, en forma diseminada y en vetas. Los minerales observados son galena argentífera, chalcopirita y molibdenita, acompañados con algo de oro, baritina y cuarzo. Actualmente no continúa su explotación.

Mina Imelda

Se ubica esta mina en los cerros Pachatusan y Jucumayoc, en el distrito de Marcapata. Sólo es accesible por camino de herradura.

La mineralización se aloja en areniscas y pizarras en contacto con un intrusivo diorítico. Se observa un conjunto de cinco vetas con rumbo SO - NE, con potencias que varían entre 0.10 y 1.40 metros. Los minerales presentes son la chalcopirita, tetraedrita, siderita con algo de oro, baritina, calcita y cuarzo. Actualmente no continúa su explotación.

Mina Nazaret

Se ubica aproximadamente a 1 200 metros al Este de la carretera Macusani - Ayapata y del caserío de Minaspata, a la altura del lado norte de la laguna Susuya.

La mineralización se hospeda en rocas intrusivas, en vetas de cuarzo, que contienen esfalerita y galena, hace varios años que no se trabaja esta mina posiblemente por agotamiento de sus reservas.

Mina Santa Rosa

Se ubica en el lado norte del cerro Santa Rosa, en la parte central del cuadrángulo de Corani.

La mineralización se hospeda en las pizarras de la Formación Ananea en vetas de cuarzo.

Los minerales presentes son esfalerita, estibina y algo de chalcopirita, actualmente no se trabaja esta mina.

Debemos manifestar que la información lograda directa e indirectamente, ha sido muy escasa, sin embargo, pensamos que esta zona merece un nuevo estudio prospectivo, sobre todo a ambos lados del río Macusani y a lo largo del valle del río Chimboya - Corani y, en la cabecera del río Ayapata, entre las localidades de Tabla Cancha y Minaspata, ya que las impresionantes alteraciones hidrotermales observadas en la margen derecha de los ríos mencionados así como la presencia de un pórfido de cuarzo entre las localidades indicadas, representan buenos indicios de posible mineralización que debe investigarse.

Zona de mineralización de Uranio

Esta zona se ubica en una fosa tectónica de la cordillera oriental, aproximadamente a 3,5 km al Oeste - Noroeste de Macusani, capital de la provincia de Carabaya, departamento de Puno. Esta zona abarca un área de aproximadamente 600 km^2.

La mineralización está emplazada en fracturas subverticales y subhorizontales de los volcánicos Quenamari, de edad Mio-Plioceno, de naturaleza piroclástica, de carácter peraluminoso y con minerales excepcionales como andalucita, sillimanita y muscovita, que constituyen tobas aglomerádicas lapillíticas en capas de posición subhorizontal e ignimbritas. Las primeras forman un relieve suave y las segundas forman escarpas con diaclasamiento vertical que generan prismas columnares, los que por efecto de la erosión en algunos lugares forman una especie de “bosque de piedras”.

El mineral primario presente es la pechblenda, acompañada por minerales secundarios como la autunita, metaautunita, gummita, fosfuranilita y renardita, además de pequeñas cantidades de pirita, chalcopirita y galena.

Las leyes promedio de uranio en los diferentes sectores investigados como Huiquiza Tantamaco, Chilcuno VI, Chapi, Cerro Calvario, Cerro Concharumio y Chacacuniza, fluctúan entre 0,09 % y 0,4%.

Luego de la exploración y evaluación efectuada por el Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN) en el distrito uranífero de Macusani se ha determinado que es el prospecto Chapi el que tiene el mayor potencial, calculado en 10 000 TM de Uranio. Actualmente no se explota este yacimiento.

Zona de mineralización de Oro

Esta zona se ubica en el flanco noreste de la cordillera y se extiende hacia el llano amazónico. La mineralización de oro se presenta en dos tipos de depósitos, como oro filoneano y como oro aluvial.

Depósitos de oro filoneano

Estos depósitos se emplazan en las cuarcitas de la Formación Sandia, en vetas de cuarzo de grosor variable (0.05 a 0.60 m) con rumbos y buzamientos variables entre N 150º E, buzamiento 50º SO y N 50º E, buzamiento 60 º SE.

En la localidad de Yunca Pampa, en los cerros Balcón y Flor de Balcón se ubican pequeñas minas como Balcón de oro, Valencia, Santa Teresa (la más importante por su producción) Banco Mayo, Bellavista, Huinco, Vicuña y Media Naranja, a una altitud promedio de 1 700 m. De ellas se extrae una producción aproximada de 5 kg. de Au mensuales y, que dan ocupación a una población aproximada de 3 000 personas. En la confluencia de los ríos Macusani y Corani, en la ladera derecha de este último se ubica la mina de oro Aciento, a una altitud de 2 800 m. Reactivada hace poco tiempo, se extrae de ella entre 300 gr. a 400 gr. de oro mensualmente.

Depósitos de oro aluvial

La Cordillera Oriental en su flanco suroeste no ha desarrollado cuencas de acumulación detrítica de naturaleza palustre, fluvial o fluvio glaciar como es el caso de las cuencas de Trapiche, Ananea, Ancocala, Crucero y otras que se ubican más al Sureste de nuestro país.

De igual manera, en su flanco noreste, no se han desarrollado cuencas de acumulación detrítica a pesar de que las huellas de la acción glaciar se identifican claramente hasta los 3 500 m de altitud. Esto se explica por que la fuerte pendiente y las intensas precipitaciones

pluviales han ocasionado que sea el proceso erosivo el que predomine y es por esta razón que de las acumulaciones morrénicas originales sólo subsisten algunas y de pequeña extensión.

Entre los 1 500 y 500 m de altitud (parte baja de la faja subandina), el relieve es menos abrupto, los valles son más amplios y el proceso de sedimentación es el que predomina. Es por esta razón que aquí se han formado cuencas intramontañosas con relleno detrítico de carácter fluvial torrencial, las que a su vez han sido bisectadas por nuevos cursos fluviales, formados durante los sucesivos ciclos de erosión-sedimentación. Es así que en la actualidad se observan remanentes de antiguas terrazas ubicadas a decenas y hasta centenas de metros por encima del lecho actual de los ríos. Como ejemplo podemos citar el valle del río San Gabán.

Como esta parte baja de la faja subandina se extiende más allá de los límites Norte y Noreste de la zona de estudio, no se tienen dentro de ella grandes depósitos detríticos con oro aluvial, como ocurre en el área de Quincemil y Masuco, distante 65 km por carretera.

Sin embargo, a lo largo de los principales ríos de este flanco noreste de la cordillera los habitantes de la zona, extraen de algunos puntos de sus riveras, en época de estiaje, entre 0,5 a 1,0 gr por día. Como ejemplo citaremos la zona de confluencia de los ríos Ayapata y Tambillo, vecindad del caserío Casili.

Capítulo VIII

GEOLOGÍA HISTÓRICA

Los terrenos estudiados pertenecen a un segmento de la Cordillera Oriental que ha sido estructurado por eventos de carácter sedimentario, tectónico, magmático y erosivo.

En el Ordovícico medio una cuenca marina de orientación NO -SE recibe una sedimentación esencialmente pelítica, sin aportes detríticos gruesos. En el Ordovícico superior una plataforma marina posiblemente en continuidad con el cratón brasileño recibe aportes detríticos constituidos por areniscas de grano fino a medio, en facies tidales; completando el relleno de la cuenca del Paleozoico superior se depositan siltitas y lutitas de la Formación Ananea en el Siluro - Devónico, nuevamente hay un déficit de aportes detríticos y la cuenca entra en un período de "Starved Basin" . Hacia fines del Devónico una fase tectónica de compresión pliega y falla el Paleozoico inferior, esta fase está acompañada de un metamorfismo de bajo grado de tipo epizonal.

El Paleozoico superior se inicia con depósitos turbidíticos que atestiguarían una tectónica activa en el Misissipiano; estas turbiditas son recubiertas por depósitos detríticos de plataforma silicoclástica de alta energía, del Pensilvaniano, del Grupo Tarma; si bien no está completo en el área de estudio muestra parte de esta sedimentación.

En el Pérmico inferior hay una disminución de aportes detríticos y tiene lugar una sedimentación carbonatada del Grupo Copacabana, algunas veces interrumpida por la llegada de material detrítico consistente en areniscas cuarzosas de grano medio.

A fines del Pérmico inferior tiene lugar la fase compresiva tardihercínica que pliega y hace emerger a las unidades litológicas del Paleozoico superior, que se evidencia por la discordancia angular entre el Grupo Copacabana y el Grupo Mitu observado en el cerro Chillintaya en la parte central sur del cuadrángulo de Ayapata.

Los terrenos anteriores, en el Pérmico superior son sometidos a una fuerte erosión, el Grupo Mitu comienza con gruesos conglomerados reposando en discordancia angular sobre el Grupo Copacabana, asociados a estos conglomerados tienen lugar depósitos de pelitas rojas de ambientes continentales. En esta misma época tiene lugar un intenso vulcanismo de composición andesítica.

En el Permo - Triásico se produce también una intensa actividad magmática representada por la intrusión de grandes cuerpos intrusivos de composición granítica, se emplaza también una serie de plutones menores de composición granítica, granodiorítica y diorítica aparentemete de la misma edad que los grandes plutones.

En el Jurásico medio se produce una actividad magmática representada por la intrusión de sienitas nefelínicas que cortan al Grupo Mitu.

En el Cretáceo tiene lugar una sedimentación clástica, constituida por areniscas limosas, arcillitas y algunas calizas; solo se encuentra representado en el borde NE del cuadrángulo de Ayapata. En el Paleoceno ocurre una sedimentación continental, en cuencas orientales, predominando los medios fluviátiles y lagunares, en estas condiciones se deposita la Grupo Huayabamba.

En el Mioceno medio a superior tiene lugar una fase distensiva acompañada de un vulcanismo de carácter piroclástico representado por una acumulación de flujos ignimbríticos de composición riolítica a dacítica que rellena una cubeta preexistente; se trata de las ignimbritas de la Formación Quenamari emplazadas en el extremo sur del cuadrángulo de Corani y muy reducidamente al Sureste del cuadrángulo de Ayapata.

En el Cuaternario, en el Holoceno se registra una glaciación que erosiona casi toda la Cordillera Oriental, dejando una serie de depósitos morrénicos, mayormente emplazados en las cabeceras del sistema de drenaje que nace en la alta cordillera, posteriormente a esta glaciación, la erosión modela el paisaje actual con profundos valles hacia la zona subandina y altiplanicie, al Oeste de la Cordillera Oriental se depositan en este relieve, depósitos fluvioglaciares conectados a los depósitos morrénicos y depósitos aluviales en la superficie de erosión actual.

BIBLIOGRAFIA

ARROYO, G. (1989) - Recursos de uranio. IPEN, Lima.

AUDEBAUD, E. (1973) - Geología de los cuadrángulos de Ocongate y Sicuani. Serv. Geol. Min. Boletín Ser. A: Carta Geol. Nac., 25, 72 p.

CLARK, A. (1990) - Geologic and geochronologic constraints on the metallogenic evolution of Southeastern Peru. Economic Geology, 85(7): 1520-1583

DE LA CRUZ, J.; LOPEZ, J.C.; LEON, W.& LARA, M. (1996) - Geología del cuadrángulo de Macusani. INGEMMET, Boletín. Ser. A: Carta Geol. Nac., 79, 197 p.

FORNARI, M.; GRANDIN, G.; HERAIL, G.; JUNGBLUTH, R.; LAUBACHER, G.; RODRIGUEZ, W.; VERGARA, J. & ZEGARRA, J. (1981) - Las mineralizaciones auríferas de la Cordillera Sur-Oriental del Perú. El papel de la evolución geomorfológica en la formación de los placeres. ORSTOM - INGEMMET, Lima, 104 p.

FLORES, G.; KIHIEN, C.; FIGUEROA, E.; PIZARRO, B. & ARROYO, G. (1983) - El distrito uranífero de Macusani -Departamento de Puno. Bol. Soc. Geol. Perú, 71: 143-154

GALLOSO, A. & LAUBACHER, G. (1982) -Investigaciones geológicas, geomorfológicas y metalogenéticas con la definición de áreas mas favorables para la exploración por oro en la Cordillera Oriental del Sur del Perú. Informe Especial. INGEMMET, Lima.

POUPEAU, G.; SABIL, N.; VILLA, M.; BIGAZZI, G.; SALAS, G. & ARROYO, G. (1993) - Fission-track and K-Ar ages of macusanite obsidian glasses (S.E. Peru): geodynamic implications.

JASSAUI, F. (1936) - El valle de Marcapata (monografía regional). Bol. Soc. Geogr. Lima, 53: 164-174

KONTAK, D.J.; CUMMING, G.; KRSTIC, D. & CLARK, A.H. (1990) - Isotopic composition of lead in ore deposits of the Cordillera Oriental, Southeastern Peru. Economic Geology, 85(7): 1584-1603

KONTAK, D.J.; CLARK, A.H.; FARRAR, E.; PEARCE, T.H. (1986) - Petrogenesis of a Neogene shoshonite suite, Cerro Moromoroni, Puno, Southeastern Peru. Canadian Mineralogist, 24(1): 117-135

LOPEZ, J.C. (1996) - Geología del cuadrángulo de Nuñoa. INGEMMET, Boletín, Ser. A: Carta Geol. Nac., 74, 171 p.

LAUBACHER, G. (1978) - Geologie de la Cordillere Orientale et de l'Altiplano au nord et nord-ouest du Lac Titicaca (Pérou). ORSTOM, Paris, 217 p.

MONGE, R. & ZEDANO, J.C. (1996) - Geología del cuadrángulo de Limbani. INGEMMET, Boletín, Ser. A: Carta Geol. Nac., 84, 183 p.

PALACIOS, O.; MOLINA, O.; GALLOSO, A. & REYNA, C. (1981) - Geología de los cuadrángulos de Puerto Luz, Colorado, Laberinto, Puerto Maldonado, Quincemil, Masuco, Astillero y Tambopata. INGEMMET, Boletín, Ser. A: Carta Geol. Nac., 81, 189 p.

VALENCIA, J. & ARROYO, G. (1988) -Consideraciones geoquímicas de los indicios uraníferos de Macusani, Puno (Perú). Bol. Soc. Geol. Perú, 78: 245-253

INGEMMET

AV. CANADA 1470 - SAN BORJA • TELFS.: 224-2963 • 224-2964 • 224-2965 - FAX: 225-4540 - LIMA-PERU