

REPUBLICA DEL PERU
SECTOR ENERGIA Y MINAS
INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO

BOLETIN N° 84
Serie A: Carta Geológica Nacional

GEOLOGIA DEL CUADRANGULO DE LIMBANI

Hoja: 29-x

Por:

**Robert Monge Miguel
Julio Zedano Cornejo**



INGEMMET
Lima - Perú
Noviembre, 1996

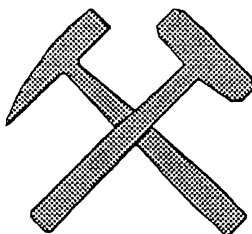
REPÚBLICA DEL PERU
SECTOR ENERGIA Y MINAS
INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO

BOLETIN N° 84
Serie A : Carta Geológica Nacional

GEOLOGIA DEL CUADRANGULO DE LIMBANI

Hojas : 29-x

Por :
Robert W. Monge Miguel
Julio Zedano Cornejo



INGEMMET

Lima - Perú
Noviembre, 1996



INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO

DANIEL HOKAMA TOKASHIKI
Ministro de Energía y Minas

JUAN MENDOZA MARSANO
Vice-Ministro de Minas
y
Presidente del Consejo Directivo de INGEMMET

WALTER CASQUINO REY - ROBERTO PLENGE CANNOCK
LINDBERG MEZA CARDENAS - NICANOR VILCHEZ ORTIZ
GERARDO PEREZ DEL AGUILA
Consejo Directivo

HUGO RIVERA MANTILLA
Director Técnico

FUNCIONARIOS TECNICOS RESPONSABLES DE LA EDICION

OSCAR PALACIOS MONCAYO
Director General de Geología

AGAPITO SANCHEZ FERNANDEZ
Director de Carta Geológica Nacional

FRANCISCO HERRERA ROMERO
Director de Información y Promoción

Primera Edición, INGEMMET, 1996
Coordinación, Revisión y Edición
Dirección de Información y Promoción de INGEMMET
Lima - Perú

Impreso en INGEMMET

Contenido

RESUMEN	1
Capítulo I.....	3
INTRODUCCION	3
UBICACION Y EXTENSION DEL AREA	3
ACCESIBILIDAD	3
TRABAJO DE CAMPO.	5
ESTUDIOS PREVIOS	5
AGRADECIMIENTOS	6
Capítulo II	7
GEOGRAFIA	7
UNIDADES GEOGRAFICAS	7
Altiplanicie:	7
Cordillera Oriental	7
Flanco Este de la Cordillera Oriental	8
REGIONES NATURALES	8
Janca o Cordillera	8
Región Puna	8
Región Suni	13
Región Quechua	13
Yunga Fluvial	13
CLIMA	13
Distribución Climática	13
Precipitación pluvial	14
VEGETACION	14
Vegetación de la altiplanicie andina	14
Flora y vegetación del valle del alto Inambari	19
HIDROGRAFIA	19
Cuenca Endorreica del Titicaca	19
Río Crucero	20
Cuenca del Río Inambari	20
Río Limbani	20
Río Usicayos	20

Río Patambuco	21
Río Cuyo-Cuyo	21
Lagunas	21
Capítulo III	23
GEOMORFOLOGIA	23
1.- Relieve Cordillerano (Altas Cumbres).....	24
2.- Colinas Intrandinas.....	24
3.- Altiplanicie	24
4.- Ladera de Valle.....	29
5.- Ladera Cordillerana (Flanco Oriental):.....	29
6.- Valle glaciar	30
7.- Valle Cañón:	30
8.- Lecho aluvial Altiplánico:	30
OTRAS GEOFORMAS	30
Nevados:	35
Circos Glaciares	35
Depósitos Morrénicos y Glaciofluviales	35
Capítulo IV	39
ESTRATIGRAFIA	39
PALEOZOICO	39
GRUPO SAN JOSE	39
FORMACION IPARO	41
Formación Purumpata	42
FORMACIÓN SANDIA.....	47
Miembro Inferior	47
Miembro Medio	47
Miembro Superior	48
FORMACION ANANEA	53
GRUPO AMBO	54
Secuencia Inferior	54
Secuencia Superior	61
GRUPO TARMA	61
GRUPO COPACABANA	67
Secuencia Inferior	68
Secuencia Media	68
Secuencia superior	73
GRUPO MITU	73
FORMACIÓN HUANCANE	79

Edad y Correlación	80
GRUPO MOHO	80
FORMACION PICOTANI	83
Composición Mineralógica	85
FORMACION ARCO AJA	85
DEPOSITO GLACIOFLUVIALES	86
DEPOSITOS LACUSTRINO	87
DEPOSITOS MORRENICO	87
DEPOSITOS ALUVIALES	88
Capítulo V	91
ROCAS INTRUSIVAS	91
Plutónico de Coasa	92
Plutón de Limbani	99
Plutón Aricoma	99
Stock Santa Ana	100
Capítulo VI	107
GEOLOGIA ESTRUCTURAL	107
TECTONICA HERCINICA	107
FASE EOHERCINICA	107
FASE TARDIHERCINICA	108
DEFORMACION POST - PERMIANA	108
TECTONICA ANDINA	111
FASE PERUANA	111
SUB-FASE QUECHUA II	111
SUB-FASE QUECHUA III	111
ZONAS ESTRUCTURALES	112
A. BLOQUE DE CRUCERO-ANANEA	112
B. BLOQUE DE CARABAYA-SANDIA	112
C. BLOQUES DE HUAYRAPATA - USICAYOS	113
Capítulo VII	
GEOLOGIA ECONOMICA	115
INTRODUCCION	115
Minerales Metálicos	115
Distribución regional de la mineralización metálica	116
Relación litológica y estratigráfica	116
Control estructural	116
Descripción de las principales ocurrencias de minerales Metálicos	

CASA DE PLATA (Pb,Zn,Ag)	118
LUCILA DEL INCA N°3 (Pb,Ag,Cu)	118
SAN LUIS N°1 (Cu,Pb,Zn,Ag).....	119
NICARAGUA (Pb,Ag)	119
CECILIA (Ag,Pb,Zn).....	120
PRINCESA (Ag,Pb,Zn)	121
SANTA ROSA DE CHAIPICOCHA (Cu,Pb,Ag)	121
SARITA (Cu,Ag,Sn,WO ₃).....	122
JINCHUNE (Cu,Ag,Sn,WO ₃).....	122
SALVADOR DE CARCEL PUNCO (Au)	123
SEÑOR DE CCAPAZO (Au)	123
SANTA ROSA DE PATAMBUCO (Ag,Pb)	124
PILCO DEL INCA (Cu,Ag)	124
MILAGRO DE CHANCHARANI (Pb,Zn,Ag)	125
BOTARICA (Pb)	125
JUAN PEPE MANUEL (Cu,Ag,Au).....	126
CORDOVA (Cu,Au).....	126
SAN JOSE (Cu,Au).....	126
DOÑA ELVIRA NAYCITA (Pb,Ag,Cu).....	127
CERRO VERDE (Cu)	127
Minerales no-metálicos	127
Aguas Termales	128
Fuente termal Limbani	128
Fuente termal de Cuyo Cuyo.....	128
Fuente termal Usicayos	129
PROSPECCION GEOQUIMICA REGIONAL	129
Objetivos.....	129
Metodología de trabajo.....	129
Muestreo	130
Métodos analíticos	130
Sedimentos	130
Rocas	131
1) Absorción Atómica por extracción con MIBK	131
2) Ensayo al fuego (assay fire) - Absorción Atómica	132
Procesamientos de datos.....	132
Parámetros estadísticos	132
Interpretación de resultados	134
PALEOZOICO inferior	135
PALEOZOICO superior	135
MESOZOICO y CENOZOICO	135

ROCAS INTRUSIVAS	135
AMBIENTES GEOLOGICOS FAVORABLES	138
Zona de plomo/zinc/cobre/plata	138
Zona de cobre/estaño/tungsteno	139
Zona aurífera	139
 Capítulo IX	141
GEOLOGIA HISTORICA	141
 REFERENCIAS	143
 APENDICE PALEONTOLOGICO	146

RESUMEN

El Cuadrángulo de Limbani se encuentra comprendido en el Departamento de Puno y al NNE de su Capital, abarcando un área de 2,842.47 Km² a altitudes variables que van desde los 1,800 a 5,200 m.s.n.m..

Geográficamente el área esta comprendida en la faja Intracordillerana, Cordillera Oriental y el flanco Este de la Cordillera Oriental. En el área se han reconocido siete unidades geomorfológicas en función a criterios morfológicos, estos son:

Relieve cordillerano (Altas Cumbres), Colinas Intrandinas, Altiplanicie, Ladera de Valle, Ladera Cordillerana, Valle Fluvioglacial, Valle Cañón, Lecho Aluvial Altiplánico.

Litológicamente el área estudiada esta comprendida por dos ciclos depositacionales; El ciclo Herciniano caracterizado por tres conjuntos estratigráficos separados por etapas de deformación.

El Paleozoico inferior representado por el primer conjunto estratigráfico de facies detrítico-pelágicas; se inicia con depósitos pizarrosas esquistosas, ampelíticos y limoarcilítas correspondientes al Ordoviciano inferior (Gpo. San José); seguidamente en un ambiente marino-continental se depositan interactuadamente una gruesa secuencia compuesta de cuarcitas con delgadas intercalaciones de pizarras en el Ordoviciano superior (Fm. Sandia); Luego de una emersión surgida en el Ashgiliano se da una transgresión marina depositandose en el Siluro-Devoniano una gruesa serie de pizarras, pizarras-esquistosas en un ambiente marino profundo (Fm. Ananea).

Todo esta secuencia del Paleozoico inferior afectado por la tectónica eohercínica polifásica seguida de un epimetamorfismo.

El paleozoico superior representado por depósitos de naturaleza continental, marino epicontinental de facies carbonatadas, detríticas y volcánicas. El segundo conjunto estratigráfico caracterizado por depósitos en un ambiente predominantemente continental se inicia con una serie sedimentaria del Misisipiano compuesta por areniscas con intercalaciones marinas (Gpo. Ambo) la que se encuentra sobreyaciendo en concordancia sobre el paleozoico inferior;

luego una secuencia marino epicontinental se deposita en el pensilvaniano compuesta por areniscas verdosas, niveles carbonatados y pelíticos (Gpo. Tarma); Posteriormente una secuencia marino carbonatada epicontinental es depositada concordantemente sobre la secuencia anterior; caracterizándose litológicamente por la composición de calizas gris parduscas (Gpo. Copacabana).

Es a finales del Pérmico medio que se da un nuevo proceso tectónico tardihercínico de menor intensidad que pliega todo el paquete sedimentario fanerozoico.

El Tercer conjunto estratigráfico se da en un ambiente de emersión total del dominio herciniano con sedimentación continental en una tectónica de distensión asociada a un volcanismo y plutonismo granítico Permo-Triásico; El conjunto depositacional esta representado por unidades post-tectónicas pardo violáceas de naturaleza detrítico, volcánico detrítico y volcanismo, dado en el Pérmico superior-Triásico inferior (Gpo. Mitú); estos depósitos se encuentran sobreyaciendo en discordancia angular sobre las unidades del Paleozoico superior.

En el Cretáceo tenemos a la Formación Huancané y al Grupo Moho que sobreyace, con las calizas Ayavacas como horizonte guía en medio de lodolitas y areniscas rojizas. Toda esta secuencia Cretácica se encuentra limitada por rocas Paleozoicas en una cuenca bastante restringida hacia el SE de la hoja.

En el Mioceno tenemos la acción de una tectónica distensiva en la que se manifiesta con una acción volcánica, representado por la Formación Picotani principalmente piroclástica y se encuentra localizada en la depresión de Crucero Ananea formando mesetas.

En el Pleistoceno tenemos a una secuencia continental poco consolidada, constituido por conglomerados intercalados con lodolitas de color rojizo, en capas sub horizontales, rellenando paleo relieves.

El cuaternario como siempre en el área se manifiesta, con depósitos glaciofluvial, lacustrino, morrénico y aluviales.

Estructuralmente se encuentra afectado por fallas regionales inversas, de dirección Andina, formando bloques.

Desde el punto de vista económico se puede adelantar las posibilidades mineras, en las cuales destacan las minas Cecília, Sarita, Cárcel Punco etc; las cuales se puede dividir en zonas de plomo/zinc/cobre/plata, cobre/estaño/tungsteno y zona aurífera.

INTRODUCCION

El objetivo principal de este trabajo es presentar los resultados de la evaluación geológica y a la vez continuar con el programa sucesivo de relevamiento de la carta geológica Nacional a la escala 1/100,000 que realiza el INGEMMET.

El estudio realizado presenta esencialmente estudios generales referentes a Geomorfología, Estratigrafía, Rocas Intrusivas, Estructural y Geología Económica, siendo el objetivo principal la confección del mapa geológico .

UBICACION Y EXTENSION DEL AREA

El cuadrángulo de Limbaní se halla ubicada en el SE del Perú, al NNE del departamento de Puno; comprende un área aproximada de 2,842.47 km² delimitada por las siguientes coordenadas:

Longitud	69°30' hasta 70°00'
Latitud	14°00' hasta 14°30'

Políticamente esta comprendida dentro de las provincias de Azángaro, Carabaya y Sandia a una altitud variable que va desde los 1,800 hasta 5,200 m.s.n.m. que constituye la cima del nevado Jalahuana. (Fig. N° 01).

ACCESIBILIDAD

La accesibilidad hacia el área estudiada desde la costa es realizada por dos vías principalmente:

- **Ruta :** Arequipa-Juliaca-Calapuja-Pucara-Timpata-Asillo-San Anton-Crucero-Limbani.
- **Ruta :** Arequipa-Juliaca-Taraco-Putina-Crucero-Limbani.

El tramo vial desde Arequipa a Juliaca es asfaltado parcialmente hasta el distrito de Chiguata, así como las dos vías de salida de Juliaca hasta las localidades de Calapuja y

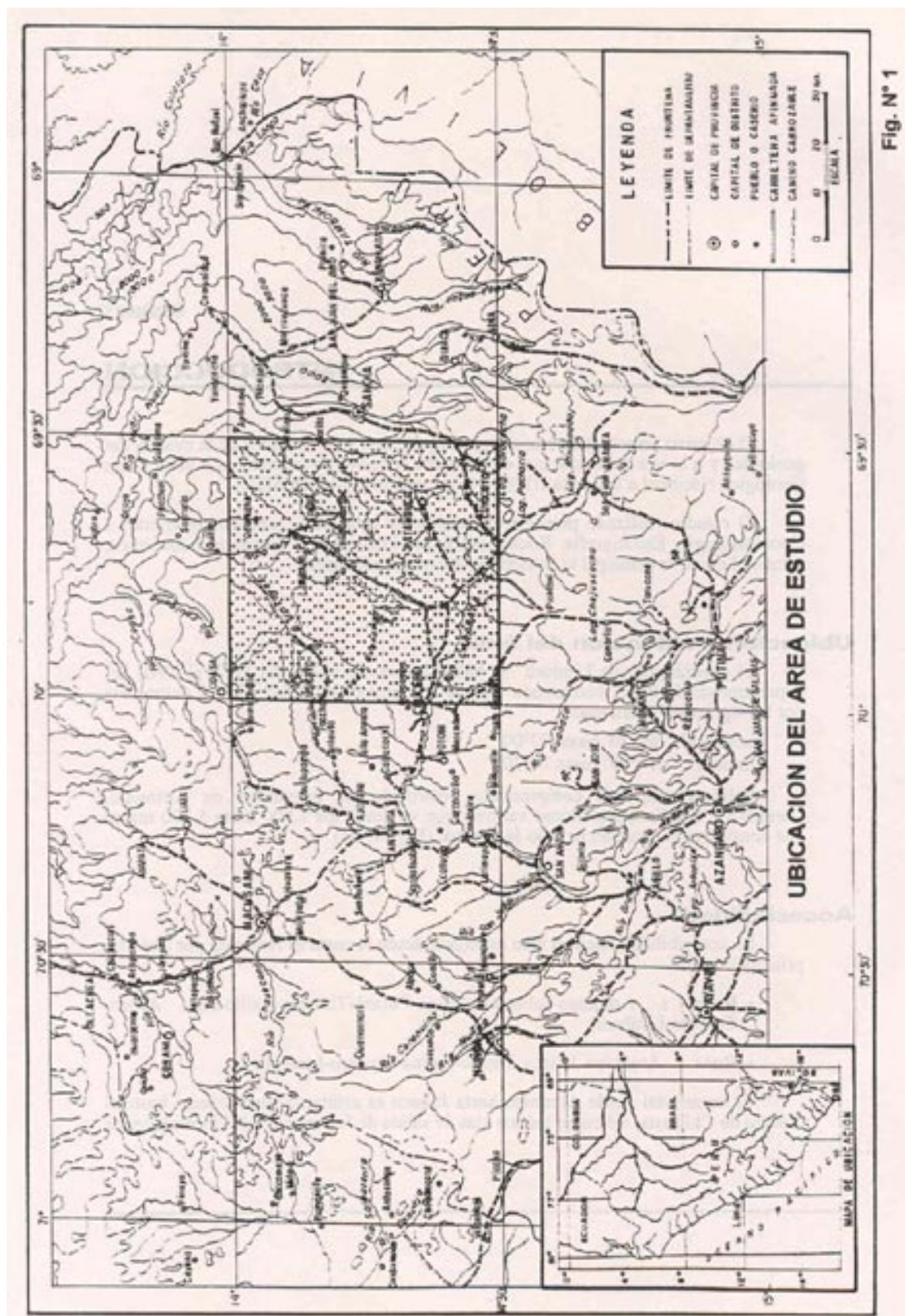


Fig. N° 1

Taraco respectivamente; Estando las demas vías en la zona estudiada en condición de afirmadas.

El acceso a los diferentes poblados comprendidos en el cuadrángulo de Limbani es realizado por carreteras secundarias derivadas a partir de los tramos Crucero-Usicayos, Crucero-Limbani y Crucero-Ananea.

TRABAJO DE CAMPO.

Los trabajos de campo fueron realizados durante los meses de Junio-Julio y Setiembre-Octubre, haciendo un total de 75 días.

El relevamiento del área estudiada fue efectuada con métodos convencionales en el cartografiado geológico de tipo regional; La toma de datos y delimitación de contactos geológicos fueron planteados directamente sobre fotografías aéreas del tipo USAF a escala aprox. 1/40,000; luego en gabinete esta información es pasada a un mapa planimétrico a escala 1/100,000 editada por el IGN; auxiliariamente se hizo uso de la Imágen de Radar a escala 1/100,000 editadas por el AERO SERVICE LITTON Houston-Texas, y de las Imágenes Satélite Landsat TM Bandas 7, 4, 2 a escala 1:100 000.

Se midió una sección estratigráfica que representa en gran parte la secuencia paleozoica de la zona; también se recolectaron muestras geoquímicas (chips rocks), muestras de afloramientos y fósiles para análisis químico, análisis de roca total, estudio petrográfico y determinación paleontológica respectivamente en los laboratorios de INGEMMET; asimismo se tomo muestras de intrusivos para datación geocronométricas.

ESTUDIOS PREVIOS

En la zona donde se encuentra el cuadrángulo de Limbani se cuenta con estudios locales realizados por egresados universitarios en la elaboración de sus tesis. Estos trabajos generalmente tienen incidencia en el aspecto minero, sin embargo existen algunos estudios geológicos de alcance regional que cubren la zona estudiada el más completo es: Estudio Geológico de la Región Norte del Lago Titicaca (1978) realizado por G. Laubacher.

Este estudio abarca un área extensa en la zona Altiplánica, Cordillera Oriental y flanco Este de la Cordillera Oriental en la zona Sur Este del país el cual incluye un mapa geológico a escala 1/500,000.

También se han Hecho estudios sobre magmatismo Permo-Triásico Asociados a la Faja de la Cordillera Oriental y evolución metalogenética por parte de un Grupo de investiga-

dores de la Universidad Quenn's encabezados por A.H. Clark, E. Farrar y D.J. Kontak. Existen anteriores estudios de carácter regional realizado por N.D. Newell (1949), Portugal-19 Audebaud E., Debelman J. (1971) y otros que tratan sobre la estratigrafía de la región del Lago Titicaca y las características geológicas generales de la Cordillera Oriental del sur del Perú.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece a los directivos del INGEMMET por hacer posible la elaboración y publicación del presente boletín; así mismo lo hago extensivo al Ing° Agapito Sanchez por las directivas impartidas en la ejecución y culminación del presente trabajo.

Igualmente se agradece a los geólogos asistentes Walter León, Vicente Miranda, Victor Lipa, Walter Atencio que participaron en la etapa de campo y de igual forma a los Geólogos Julio César Zedano C. y Luis Quispe A. en la elaboración del capítulo de Geología Económica. Así mismo a los geólogos Fredy Cerrón Zeballos y Jorge Galdos Huaco, quienes apoyaron en los trabajos finales de gabinete.

El Cuadrángulo de Limbani se encuentra ubicado en la parte Suroriental del Territorio Peruano, ocupando parte de la faja intracordillerana y el flanco occidental de la Cordillera Oriental, cuyo eje posee una dirección andina.

La superficie es heterogénea y accidentada, con variaciones del relieve que comprende desde altiplanicies a cadena de montañas elevadas presenta pendientes pronunciadas y valles encañonados; sus desniveles se hallan comprendidos desde los 1,600 m.s.n.m. (río Limbani - Hda Quitún) a 5,200 m.s.n.m. (nevado Aricoma).

Las unidades geográficas mayores que se reconocen en el área estudiada corresponden a la faja intracordillerana y Cordillera Oriental, Flanco Este de la Cordillera Oriental (Fig. N° 02).

UNIDADES GEOGRAFICAS

Altiplanicie:

Tal unidad que se ubica entre la Cordillera Occidental y Cordillera Oriental conformando una superficie moderadamente homogénea constituida por altiplanicies y agrupación de colinas o lomadas de baja altitud.

Dentro de la faja intracordillerana se reconoce una altiplanicie que desde el punto de vista morfoestructural se la define como la depresión Ananea - Crucero, la cual es la superficie mas homogénea en el cuadrángulo de Limbani, y se le registra como las pampas de Chipa, Huatapampa, Jenapampa, etc.

Los desniveles de la faja intracordillerana varían entre los 4,300 m.s.n.m. a 4,500 m.s.n.m. aproximadamente.

Cordillera Oriental

Unidad geográfica que se encuentra definida por cumbres altas y sus flancos consti-

tuye principalmente el límite o divisoria de aguas entre la cuenca endorreica del Titicaca y la cuenca hidrográfica del Atlántico.

El relieve que presenta es accidentado y abrupto con pendientes pronunciadas, se encuentran disectada por valles encañonados.

Los desniveles de la Cordillera Oriental en el cuadrángulo de Limbani se hallan comprendidos entre 3,300 m.s.n.m. a 5,200 m.s.n.m.

Flanco Este de la Cordillera Oriental

Se ubica entre la Cordillera Oriental y la Faja Subandina; comprende el extremo NE del área de estudio, se le diferencia por ruptura de pendiente la zona cordillerana y las elevaciones marginales de la selva alta (ceja de selva); Esta unidad se conforma por elevaciones moderadas que van desde los 1,500 a 3,300 m.s.n.m. y que son atravesados por numerosas quebradas profundas sujetas a intensa erosión pluvial y fluvial tanto de fondo como lateralmente donde esporádicamente se acumulan algunas terrazas.

REGIONES NATURALES

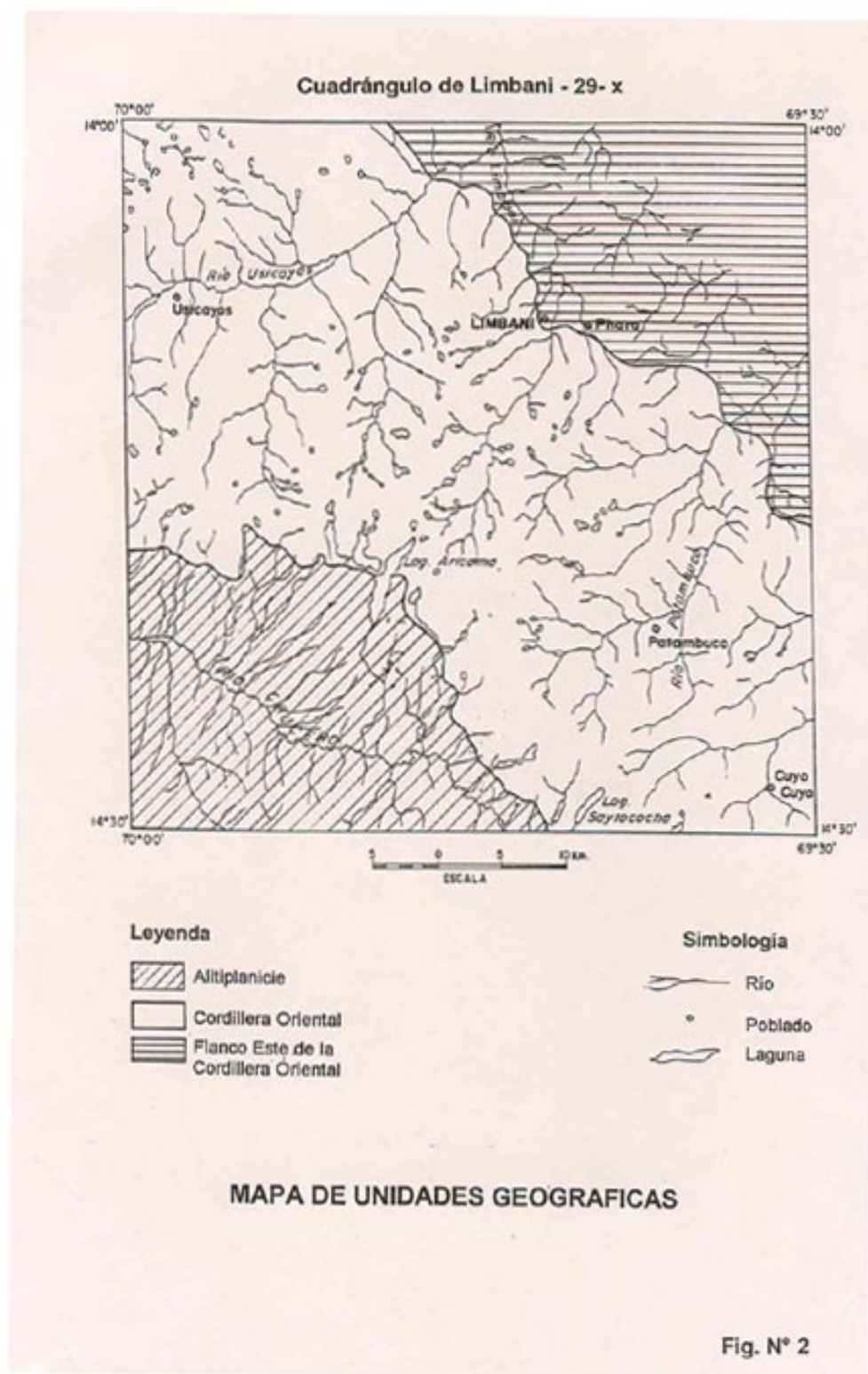
De acuerdo a la clasificación de las regiones naturales realizada por Pulgar Vidal (1986), en el cuadrángulo de Limbani se reconoce las siguientes regiones naturales (Fig. N° 03).

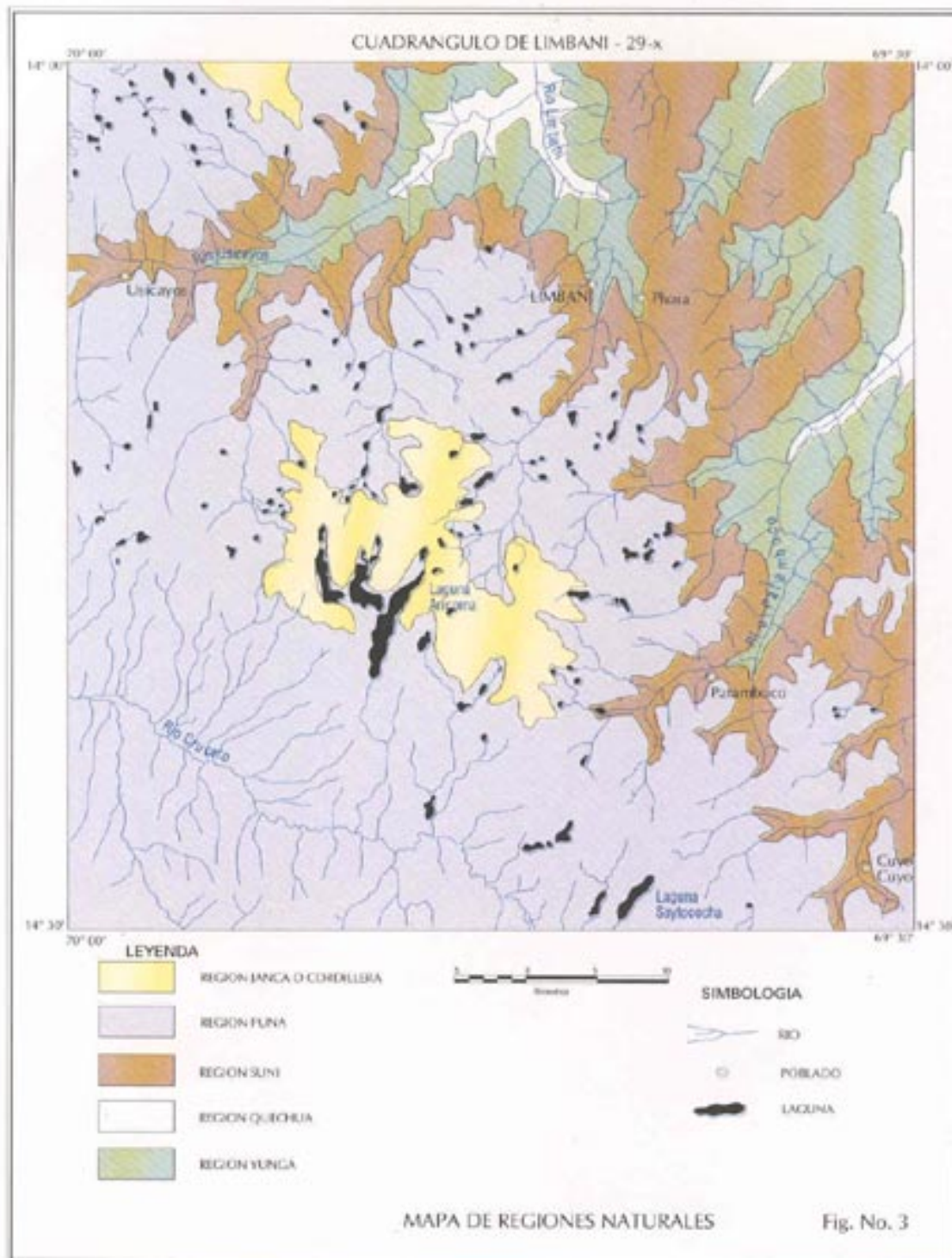
Janca o Cordillera

Región natural que se halla comprendida entre los 4,800 m.s.n.m. a 6,746 m.s.n.m., en la cuál se ubican los nevados de Aricoma (5,200 m.s.n.m.), Jalahuña, Ipante, Huerta pata, Ancayocucho, Ccoasupo, presentando casi todas ellas nieves perpetuas.

Región Puna

Se extiende entre los 4,000 y los 4,800 m.s.n.m. en esta región se ubican un gran número de lagunas de origen glaciar como Aricoma, Cocaña cocha y Veluyoc cocha que son las de mayor extensión; el relieve se encuentra conformada por una agrupación de colinas bastante ondulada y suave, que se hallan afectadas por la erosión glaciar. En esta región se ubica la pampa de Crucero.





Región Suni

Sus desniveles se encuentran comprendidos entre los 3,500 y los 4,00 m.s.n.m.. Esta región se la reconoce en el flanco Oriental de la Cordillera Oriental conformando un relieve caracterizado por quebradas estrechas, cumbres afiladas y superficie heterogénea.

Región Quechua

Se halla comprendida entre los 2,300 y 3,500 m.s.n.m. en esta región se ubican los poblados de Limbani y Phara. el clima que presenta es frío con una temperatura media anual entre 7° y 10°c.

Yunga Fluvial

Esta región se le reconoce por debajo de los 2,300 m.s.n.m.; el relieve que representa esta generalmente confinado a rios y quebradas siendo característica la abundante vegetación propia de la zona tropical que incluso abarca hasta las partes inferiores de la región Quechua. El clima que presenta es cálido con promedios anuales de 22° a 25°C.

CLIMA

Los diversos tipos de clima que se reconocen en el cuadrángulo de Limbani varían desde un clima cálido hasta un clima frígido de alta montaña; en estrecha relación con la configuración del relieve.

Distribución Climática

De acuerdo a la clasificación de distribución climática realizada por Koppen W. los tipos de clima que se reconocen dentro de los límites del cuadrángulo de Limbani son:

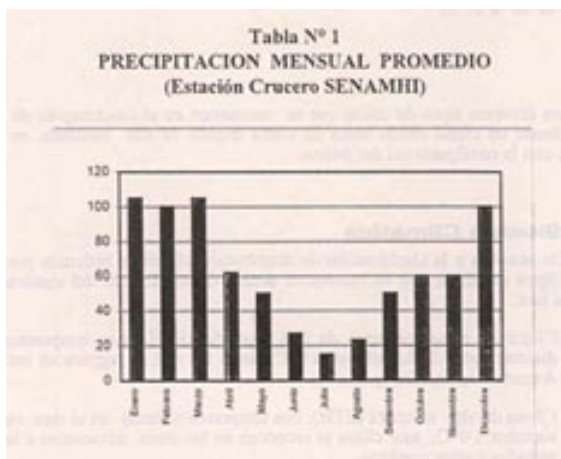
- Clima de nieve perpetua de alta montaña (EFH), con temperatura media durante todo el año inferior a 0°C; como los que se registra en los nevados Aricoma, Jalahuaña, Ipante etc.
- Clima de alta Montaña (ETH) con temperatura media en el mes más cálido superior a 0°C; este clima se reconoce en las áreas adyacentes a la zona de nevados y altas cumbres.
- Clima frío boreal - seco en invierno (DWB), con temperaturas media superior a 10°C, por lo menos durante cuatro meses, este tipo de clima es reconocido en la pampa de Crucero.

- Clima templado moderado lluvioso (CW), seco en invierno con una cantidad de precipitación, en el mes más lluvioso 10 veces mayor, comparado con el mes más seco. Este clima es reconocido en el valle del río Limbani cerca a los límites Orientales del cuadrángulo.

En base a un recorrido por el área del cuadrángulo de Limbani se puede sugerir una segunda clasificación mas localizada (Fig. N° 04), relacionando la acción meteorológica con el modelado superficial considerando criterios de temperatura, precipitación, morfología y ubicación geográfica; ellos son: Clima Glacial, Clima frío nuboso, Clima frío seco, Clima Frío y Clima Templado moderado lluvioso.

Precipitación pluvial

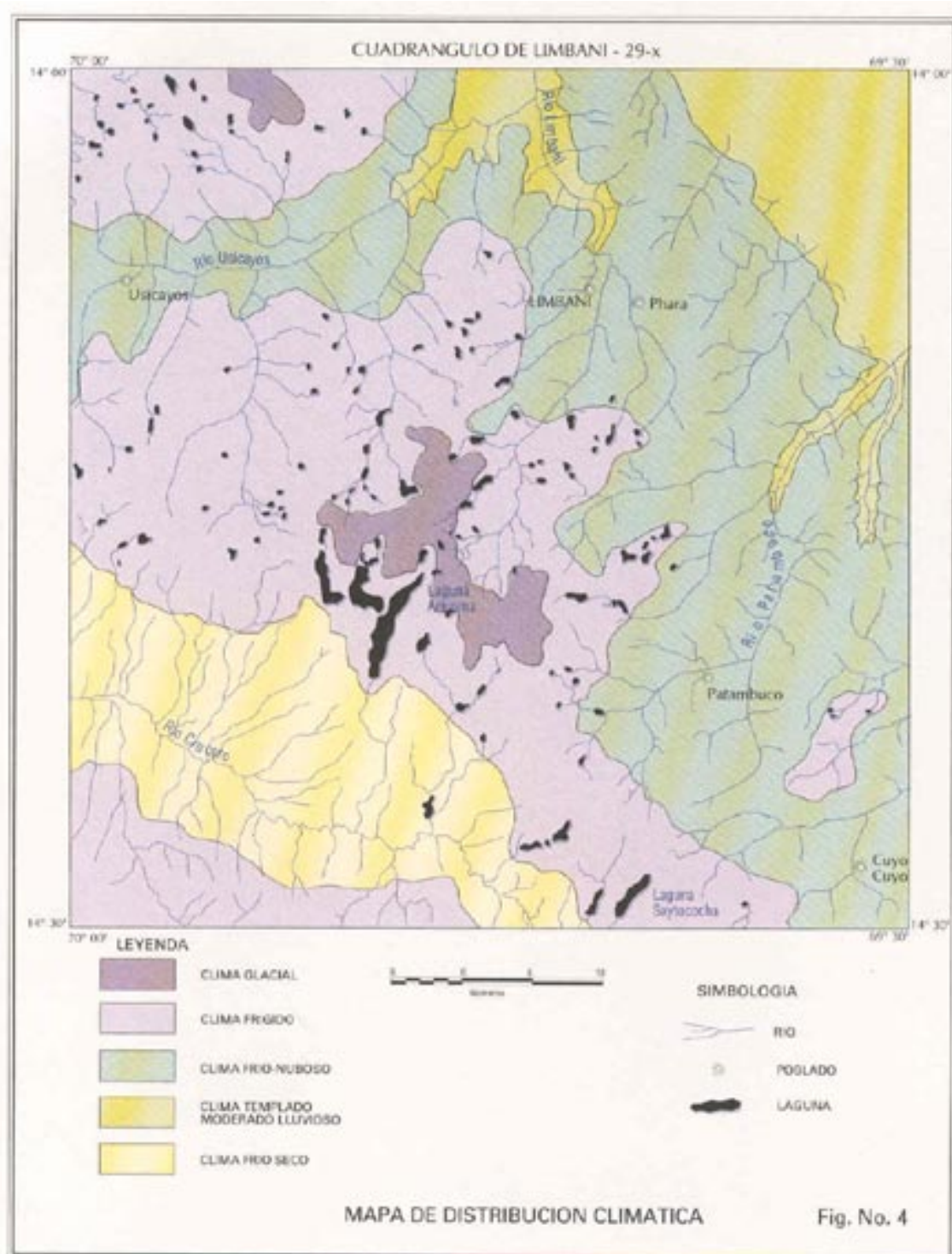
Por encontrarse ubicado el cuadrángulo de Limbani entre la región Sierra y parte de la Selva alta, las mayores precipitaciones pluviales ocurren durante el verano austral comprendido entre los meses de Noviembre a Abril. Durante los meses restantes del año es frecuente observar la ausencia de lluvias manteniéndose la humedad relativa con valores altos de aproximadamente 90% en el flanco Este de la Cordillera Oriental y teniendo valores muy bajas de humedad relativa en la pampa de Crucero y áreas adyacentes (Tabla N° 01).

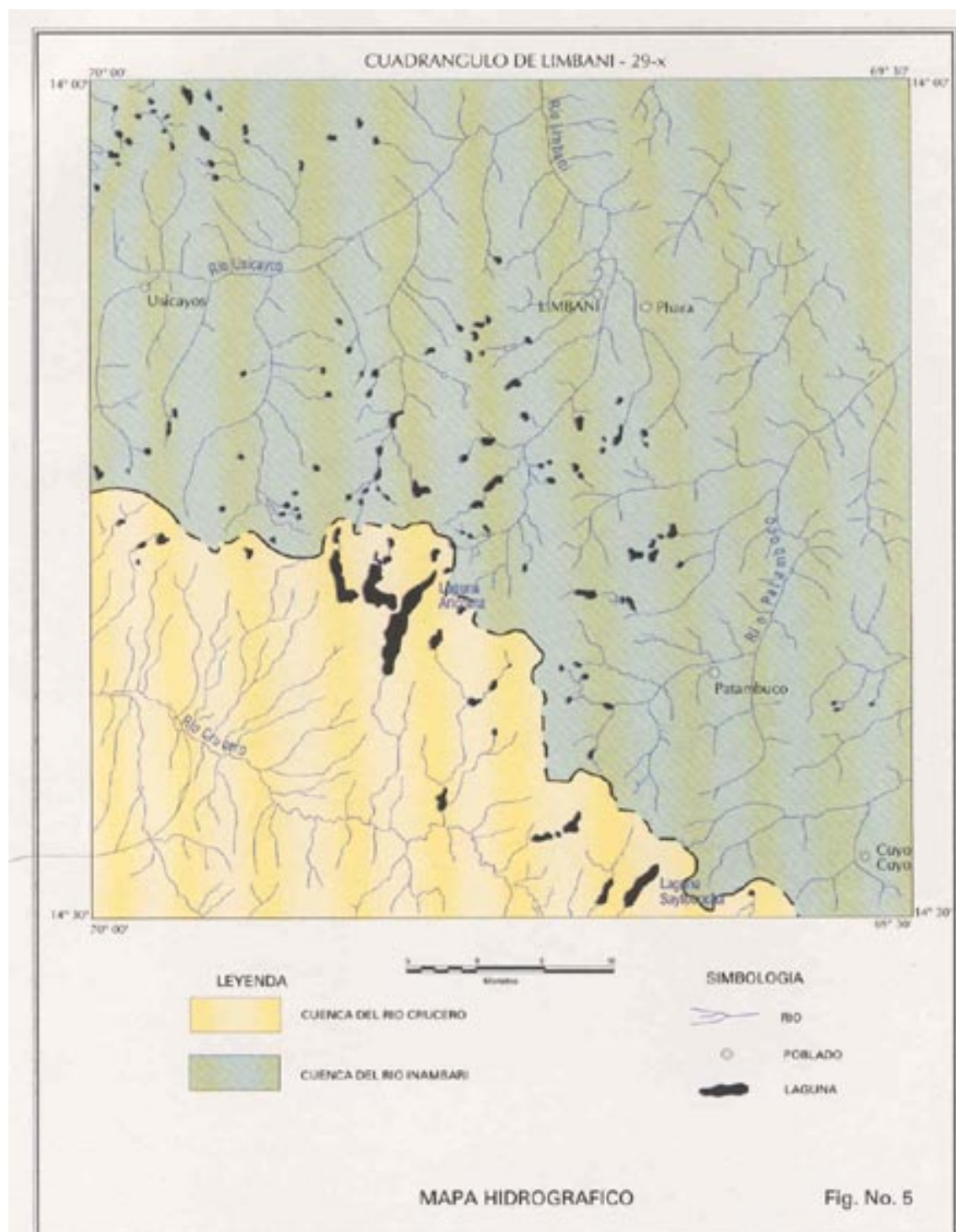


VEGETACION

Vegetación de la altiplanicie andina

Se distingue la puna con vegetación de ramillete o Ichu, plantas arrosetadas Cactus, plantas, acolchadas y flora ascorial o de roca desde el punto de vista de las formaciones





vegetales comprende los estratos herbáceo (hiervas pequeñas), arbustivos (arbustos bajos), Arbóreo (árboles de parte medio).

Flora y vegetación del valle del alto Inambari

La flora y vegetación de los valles de Limbani, Patambuco, Sandia y otros que son afluentes del alto Inambari comprende tres pisos a saber:

1. Piso superior microtérnico (3,000-4,200 m.) se caracteriza por la pradera de gramíneas que se encuentran junto a el pajonal algunas especies propia de la selva alta como: «Macha-macha» (*Permettya prostrata*), «Muña» (*Minthostachys mollis*). «Zarzamora» (*Robusrobustus*). En este piso se reconoce un estrato herbáceo y arbóreo. las características de esta flora y vegetación se aprecia entre Cuyo-Cuyo siguiendo en dirección a Sandia.
2. Piso intermedio mesotérnico (2,000-2,500 m.) a este nivel los flancos del valle están cubiertos totalmente de comunidades vegetales muy diversificadas; los arbustos son numerosos y más desarrolladas en las quebradas donde la humedad y temperaturas son más favorables para su desarrollo. en este piso se desarrollan las promeliaceas, orquideas, melastomáceas, escrofulariaceas.
3. Piso inferior macrotérnico (1,500-1,800 m.) Este piso se observa fuera de los Límites del cuadrángulo de Limbani, reconociendola en la parte baja del valle de Sandia y en la región de San Juan del Oro (Cuadrángulo de Sandia). La flora es rica en especies terrestres, epifitas y perinnifolia.

HIDROGRAFIA

La red hidrográfica que discurre en superficie dentro de los límites del cuadrángulo de Limbani forma parte de la cuenca del Titicaca y de la cuenca del río Inambari que a su vez se integra al sistema hidrográfico del Amazonas (Fig. N° 05).

Cuenca Endorreica del Titicaca

El área drenada por los ríos de esta cuenca esta delimitada por la Cordillera de Carabaya, en su sector Norte; que constituye la divisoria de aguas con los ríos del sistema hidrográfico del Amazonas y la vertiente del pacífico.

En el cuadrángulo de Limbani el río Crucero se constituye en el colector principal que forma parte de la cuenca endorreica del Titicaca, siendo un afluente del río Azangaro.

Río Crucero

Sus nacientes se encuentran en el nevado de Ananea y en laguna Rinconada recorre a lo largo de la depresión Ananea- Crucero de SE a NO, en el cuadrángulo de Macusani el río Crucero flexiona cambiando su dirección casi N-S para finalmente desaguar sus aguas al río Azangaro; se caracteriza por su recorrido sinuoso en la pampa de Crucero, debido a su amplitud y de poca pendiente de esta altiplanicie, su cauce contiene riberas de poca altura, que en época de lluvias son sobrepasadas por las aguas originando inundaciones en las partes mas extendidas y llanas de la pampa.

Cuenca del Río Inambari

La cuenca del río Inambari se inicia en el flanco oriental de los nevados de Ananea (5,842 m.s.n.m.) y Aricoma (5,200 m.s.n.m.). sigue una dirección S-N y luego de flexionar con una curva pronunciada, cambia de rumbo y corre de Este a Oeste, con el nombre de río Huari-Huari, hasta la desembocadura del río Coasa; a partir de este lugar toma el nombre de río Inambari y su lecho toma una dirección SE-NO.

En el Cuadrángulo de Limbani las principales escorrentias llegan a drenar sus aguas al río Huari-Huari, reconociendose principalmente a los ríos Limbani, Usicayos, Patambuco y Cuyo Cuyo.

Río Limbani

Sus nacientes se ubican en el nevado de Aricoma, siguiendo una dirección SO-NE, para luego cambiar de rumbo hacia la parte septentrional de la hoja de Limbani; casi N-S.

El río Limbani durante toda su trayectoria posee un cauce angosto encañonado, evidenciando una intensa erosión de fondo. En su paso de la región alto andina a la «ceja de selva» la ruptura de pendiente es pronunciada formando numerosas caídas de aguas y rápidos, este río incrementa su caudal conforme avanza en dirección hacia el oriente.

Río Usicayos

El río Usicayos tiene sus nacientes en las lagunas Tojacochas a 4,700 m.s.n.m. perteneciendo esta área al cuadrángulo de Macusani su recorrido posee una dirección SO-NE hasta su desembocadura en el río Limbani en el caserio Chuchuni a 3 Km. de la hacienda

Quitún. El cauce del río Usicayo es encañonado, formando impresionantes acantilados por las cuales discurren sus aguas formando torrentadas y caída de aguas.

Río Patambuco

El río Patambuco nace en el nevado Jartullo a 5,000 m.s.n.m. y en las lagunas Yanacocha y Riticocha, en su recorrido flexiona indistintamente para finalmente optar por tomar una dirección SO-NE.

El río Patambuco conforma un valle encañonado con laderas pronunciadas con una diferencia de desnivel mayor a los 600 m. en su trayectoria presenta numerosas rupturas de pendiente.

Río Cuyo-Cuyo

Sus nacientes se encuentra al SO de la localidad homónima, reconociéndose en el cuadrángulo de Limbani; el curso más superior de este río, para posteriormente formar el valle de Sandia.

Lagunas

En el área correspondiente al cuadrángulo de Limbani existe un gran número de lagunas que se constituyen como la principal fuente de alimentación de escorrentías que van a drenar a la cuenca del Titicaca y del río Inambari.

La gran mayoría de las lagunas tienen un origen glaciar; conformando acumulaciones de aguas en depresiones formadas por la erosión glaciar o por el entrapamiento de los deshielos en depósitos fluvioglaciares. Entre las principales lagunas la laguna Aricoma, ubicada al pie del nevado Aricoma, es la de mayor dimensión, cuyas aguas se encuentran acumuladas en una depresión alargada que tiene 7.5 Km. de largo y 1.2 Km en su parte más ancha; debido a la excesiva frialdad de sus aguas no es posible la sobrevivencia de especies acuáticas como la trucha.

Las lagunas Cocaña cocha y veluyoc cocha se han formado por el entrapamiento de las aguas provenientes de los deshielos que se han acumulado entre las barreras formadas por los depósitos de morrenas, existen además un gran número de pequeñas lagunas con variación de sus caudales de acuerdo a la densidad de lluvias.

GEOMORFOLOGIA

La región estudiada presenta en su mayor parte relieve accidentado, conformando una cadena de nevados y montañas, mientras que el área con relieve homogéneo solo se observa en la pampa de Crucero y áreas aledañas que se encuentran conformadas por colinas las que representa una quinta parte del área total.

El principal accidente geográfico lo constituye la Cordillera Oriental sobre la cual se reconocen diversas unidades geomorfológicas cuyo reconocimiento es importante para determinar la relación, morfología-litología; dado que gran parte de la Cordillera Oriental se encuentra mayormente conformada por rocas metamórficas de bajo grado pizarras cuarcitas que dan lugar a una cadena de montañas con superficie abrupta y heterogénea.

De acuerdo a las observaciones de campo se puede señalar que el desarrollo o evolución morfológica del área estudiada ha sido controlada esencialmente por factores estructurales como son fallas, levantamiento de bloques antiguos levantados, la litología de las rocas ígneas en especial y la actividad denudacional como son la erosión de los glaciares y fluvial, que han interactuando, todos ellos para dar lugar al actual modelado en superficie.

Las unidades geomorfológicas que se reconocen en el cuadrángulo de Limbani se han diferenciado bajo el criterio morfológico estructural y litológico (Fig. N° 06). Estas unidades son las siguientes:

- 1.-Relieve Cordillerano (altas Cumbres)
- 2.-Colinas Intrandinas
- 3.-Altiplanicie
- 4.-Ladera de Valle
- 5.-Ladera Cordillerana
- 6.-Valle Fluvioglacial
- 7.-Valle Cañón
- 8.-Lecho aluvial Altiplánico

1.-Relieve Cordillerano (Altas Cumbres)

Esta unidad geomorfológica se encuentra como una faja continua que se dispone en forma diagonal del cuadrángulo de Limbani sus desniveles se encuentran comprendidos entre los 4,200 a 5,200 m.s.n.m. ubicándose sobre esta unidad pequeñas comunidades campesinas que se desarrollan en condiciones extremas de temperatura.

Morfológicamente se caracteriza por presentar una cadena de cumbres pronunciadas, muchas de las cuales se hallan cubiertas por nieves perpetuas; en la parte adyacente a las altas cumbres se observan superficies disectadas y accidentadas que en conjunto dan lugar al relieve cordillerano. Otra característica de esta unidad es la presencia de un gran número de pequeñas lagunas (Foto N° 01) que constituyen la principal fuente de alimentación hídrica de las escorrentías que drenan sus aguas a la cuenca del Titicaca o al río Inambari.

El relieve cordillerano se encuentra afectado por una intensa erosión glacial y fluvioglacial que han dado lugar a la acumulación de depósitos glaciofluviales y morrenas.

Litológicamente se encuentra conformada por las pizarras de la Formación Ananea y las rocas intrusivas del plutón de Aricoma.

2.-Colinas Intrandinas

Se reconoce a la unidad de colinas intrandinas en la esquina SO del cuadrángulo de Limbani (flanco izquierdo del río Crucero) y entre los límites con el cuadrángulo de Macusani en el sector correspondiente a los cerros Chuntajatahui, cerro Patrón cerro Morado etc).

Morfológicamente ofrece un paisaje con relieve moderado agreste a homogéneo, conformado por colinas y lomadas suaves con moderados perfiles convexos. sus desniveles se hallan comprendido entre los 4200 a 4500 m.s.n.m.

Litológicamente esta conformado por las areniscas cuarzosas y limoarcilitas pizarrosas del Grupo Ambo, calizas y areniscas del Grupo Copacabana, conglomerados y vulcanitas del Grupo Mitú, además la Formación Huancané, Grupo Moho y la Formación Arco Aja (Foto N° 02).

3.-Altiplanicie

Se ubica en ambos flancos del río Crucero, conformando la superficie más homogénea del cuadrángulo de Limbani sus desniveles se hallan entre 4000 a 4200 m.s.n.m.

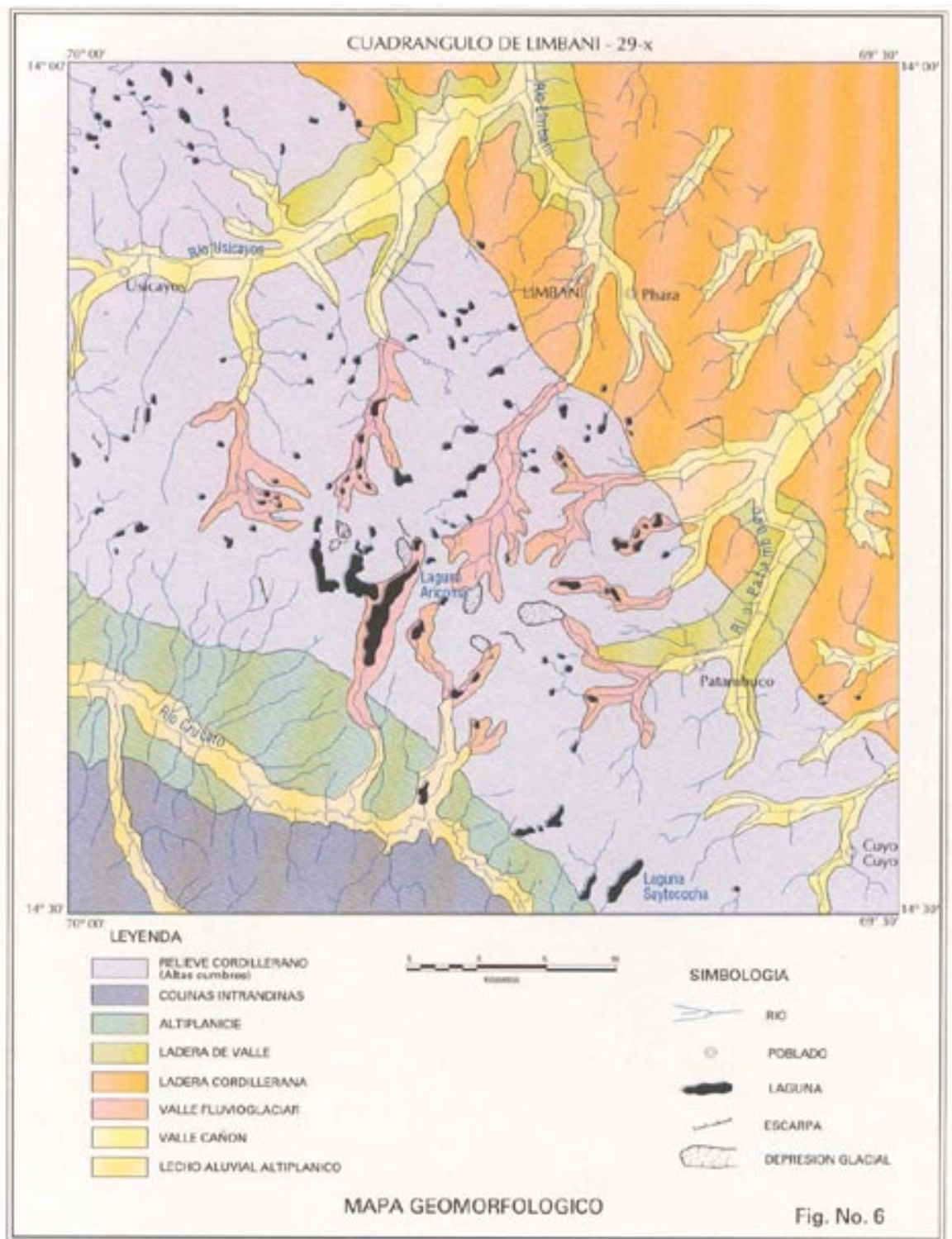




Foto N° 2. Vista de la Qda. Culco presentando una morfología suave, ondulante, en la cual vemos aflorando rocas del Cretáceo, Formación Huancané y Grupo Moho.

La unidad de altiplanicie conforma una extensa pampa suavemente ondulada, cubierta por vegetación herbácea. constituye llanuras aluviales tanto de origen fluvial como lacustres o combinadas debido a que en determinados tiempos ha sufrido un relleno parcial de cuenca. se encuentra cortada por el río Crucero, que en temporadas de lluvias produce un anegamiento continuo produciendo suelos hidromórfico denominado «bofedal» (Foto N° 03).

desde el punto morfo-estructural, forma parte de la «depresión Crucero-Ananea» generada posiblemente por procesos tectónicos. Litológicamente se encuentra conformado por sedimentos de origen fluvial, fluvio-glacial y lacustrinos.

4.-Ladera de Valle

Se denomina como ladera de valle a la zona que conforma la ruptura de pendiente entre un valle y las partes altas de una montaña o cerros, sobre la cual se desarrolla la actividad agrícola, se reconoce esta unidad en ciertos tramos del río Patambuco, Usicayos y Limbani. la diferencia de desnivel es aproximadamente 600 metros.

Presentan estas laderas, pendientes poco pronunciadas con acumulación de suelos, la cual es erosionada intensamente, produciendo en diversas áreas fenómenos de deslizamiento entre las confluencias del río Limbani y Usicayos estas laderas se encuentran cubiertas por vegetación arbórea que gradualmente van dando lugar al paisaje «tipo selva» (Foto N° 04).

5.-Ladera Cordillerana (Flanco Oriental):

Esta unidad geomorfológica corresponde al flanco oriental de la Cordillera Oriental, ubicándose en el extremo NE del cuadrángulo de Limbani, conforma una cadena de montañas con cumbres subangulosas a subredondeadas fuertemente disectada, constituyendo relieves accidentados y abruptos en esta unidad se da la ruptura de pendiente entre el relieve cordillerano y la cadena montañosa produciéndose en esta última una intensa erosión fluvial la pendiente de esta ladera frecuentemente, está condicionada por el buzamiento de las rocas Paleozoicas que conforman gran parte de la Cordillera Oriental, originándose en muchos casos geoformas tipo cuevas.

En esta unidad se ubican los poblados de Limbani, Phara y Patambuco sus desniveles se encuentran entre 3500 a 2000 m.s.n.m.

6.-Valle glaciar

Se denomina así a los valles que se han formado debido a los fenómenos de erosión glaciar. Los principales valles se reconocen en la quebrada Aricoma, en las nacientes del río Limbani, Patambuco y Cusquis.

Estos valles son de fondo amplio y se encuentran parcialmente rellenos por depósitos glaciofluviales, en algunos casos se observa que en determinadas épocas el avance de la glaciación ha formado los cauces, estos valles, los que posteriormente han sido tapizados en sus paredes por los depósitos de escombros de talud y aquellos depósitos por las corrientes fluviales.

7.- Valle Cañón:

Son valles profundos y encañonados, con perfiles simétricos y fondo en «V» resultantes de una intensa erosión de fondo, además presenta impresionantes acantilados con pendiente vertical a subvertical.

Entre los principales valles cañón se reconocen a los formados en el río Limbani, Usicayos, Patambuco y Cuyo-Cuyo. Una variante de estos valles son aquellos de sección transversal asimétrica y fondo profundo (Foto N° 05) que evidencian un grado de erosión diferencial según la naturaleza de las rocas en las cuales fueron labrados.

8.- Lecho aluvial Altiplánico:

Unidad geomorfológica situada al SO del área del cuadrángulo, confinada en la zona altiplánica por donde discurre el río Crucero.

Geomorfológicamente se caracteriza por tener una superficie relativamente plana disectada por canales abandonados del río Crucero y río Cullco, también se denota la presencia de Aguajales y pequeños pantanos.

Esta unidad se desarrolla en depósitos glaciofluviales de la zona altiplánica que durante las temporadas de lluvia transportan y descarga depósitos detríticos, acumulados a modo de conos deyección y mantos aluvionales de composición detrítica variada según la intensidad del proceso.

OTRAS GEOFORMAS



Foto N° 3. Pampa Quicuros, con superficie sub-horizontal, como parte de la depresión Crucero-Ananea constituida de material glacio fluvial y con presencia de bofedales.



Foto N° 4. Ladera del fanco Este de la Cordillera Oriental; se observa en la bajada a Corcora, Macho, Huayna camino a Apurima, presenta una morfología abrupta con pendientes empinadas con mayor presencia de vegetación.



Foto N° 5. Vista panorámica del valle profundo asimétrico del río Patambuco, en el cual se puede apreciar las pizarras de la Formación Ananea formando una escarpa casi vertical.



Foto N° 6. Flanco Oeste del Nevado Arcoma, presenta picos bien conspicuos, con una morfología abrupta; el Nevado se ha emplazado en rocas de la Formación Ananea.

Nevados:

Son las cumbres más altas que conforman el relieve cordillerano, los cuales se hallan cubiertos por nieves perpetuas, estos nevados poseen cumbres afiladas y pronunciadas, formando escarpas mayormente, las que hacen difícil su acceso. Sus desniveles se hallan comprendido entre los 4800 a 5200 m.s.n.m. los principales nevados son Aricoma (5200 metros), Jhalahuaña (5250 metros), Ipante (5200 metros), Huerta Pata (5000 metros), Jarjullo (5050 metros), en ellos su morfología (Foto N° 06) resulta de los desprendimientos o arranques bruscos de masa como consecuencia de la actividad de las masas glaciares y las variaciones de temperatura.

Circos Glaciares

Este modelado a modo de anfiteatros de erosión o arranque brusco se reconoce entre el cerro Apacheta y la laguna Aricoma, en el cerro Jatúntaja, en la parte inferior del nevado Ipante etc.

Conforma depresiones de geometría concéntrica con pendientes pronunciadas, en cuyas paredes y fondo de tales depresiones se acumulan depósitos de origen glaciar y de talud, en algunos casos sirven como pequeñas cuencas para el alineamiento de las aguas provenientes de los deshielos.

Depósitos Morrénicos y Glaciofluviales

Estos depósitos de origen glaciar comúnmente se encuentran sobre los 4200 m.s.n.m.

Las morrenas conforman geoformas tipo colinas alargadas con perfiles sinuosos y cresta de baja altitud se reconocen morrenas laterales (Foto N° 07), frontales y de fondo; que están constituidas por fragmentos de diversas litología, según el sustrato rocoso que ha sido erosionado, los depósitos Glaciofluviales provienen de la remoción de las morrenas y comúnmente se encuentran conformados por gravas, arenas y limos.



Foto N° 7. Vista de una morrena lateral al Oeste de la laguna Cocarña Cocha, constituida de gravas, arenas y en menor proporción limos. Estas morrenas en muchos casos limitan a las lagunas formando diques naturales.

ESTRATIGRAFIA

La Estratigrafía a lo largo y ancho del área de estudio consta principalmente de una secuencia de rocas del Paleozoico que van desde el Ordoviciano inferior hasta el Holoceno, tales como el Grupo San José, Formación Sandia, Formación Ananea, Grupo Tarma, Grupo Copacabana, Grupo Mitu, a la vez influenciada por un fuerte plutonismo que data desde el Perno-Triásico, diferenciándose granodioritas, monzogranitos y granitos.

También se encuentra una secuencia del cretácico, que cubre en discordancia a las rocas del Paleozoico, conformado por la Formación Huancané y el Grupo Moho.

Las unidades del Cenozoico son las ignimbritas Picotani del Mioceno así mismo como la Formación Arco Aja y los fluvioglaciares, aluviales, lacustres y aluvial etc.

El grosor de toda la secuencia estratigráfica expuesta en la hoja de Limbani supera los 8000 m. (Fig. N° 07).

PALEOZOICO

En el cuadrángulo de Limbani se tienen principalmente rocas sedimentarias del Paleozoico inferior y superior, mientras que en el nivel más superior existen una secuencia volcánico sedimentaria.

Estas unidades en mención forman parte de la cadena hercínica del Sur Este que afloran en forma de grandes secuencias alargadas orientadas en dirección andina las que de alguna manera controlaron la sedimentación del Mesozoico.

GRUPO SAN JOSE

Designado como Formación San José por Laubacher G. (1973), en la localidad homónima que se encuentra en el valle del río Sandia. Esta unidad ha sido elevada a la categoría de "Grupo" por N. D. La Cruz (comunicación personal) quien ha examinado la

Columna Estratigráfica del Cuadrángulo de Limbani

Etapa	Sistema	Serie	Unidad Litoestratigráfica	Grosor m.	Columna	Descripción
Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	Depósitos Aluviales			-Gravas y conglomerados mal clasificados.
			Depósitos Glacioluviales			-Conglomerados subredondeados, gravas.
			Depósitos Montículos			-Gravas subangulosas litológicamente heterogéneas.
		Pleistoceno	Depósitos Lanutrinos			-Limos y limolitas de color beige.
			Depósitos Glacioluviales			-Gravas subredondeadas a subangulosas.
	Terciario	Plioceno	Formación Arco Rja	50		-Conglomerados poco consolidados intercalado con lodolitas.
		Mioceno inferior	Formación Pizolani	50		-Tobas criptoclasticas de composición riolítica a dacítica, macizas.
Mesozoico	Cretácico	Eggen	Grupo Mohe	40		-Limoarolitas rojizas intercaladas con areniscas.
		inferior	Formación Huancané	40		-Calizas micríticas gris oscuras.
Paleozoico	Permiano	Superior	Grupo Mitu	500		-Areniscas arcólicas rojizas, en la base conglomerados polimicticos, material brechoso y volcánicos andesíticos de textura porfirítica de color rojo.
		inferior	Grupo Copacabana	600		-Calizas micríticas intercaladas con calizas bioclasticas y calizas espáticas, con presencia de fósiles.
	Carbonífero	Superior	Grupo Tarma	620		-Areniscas feldespáticas verde grisáceas hacia la base con intercalación de calizas micríticas grises y limoarolitas en menor proporción.
		inferior	Grupo Arico	600		-Arenisca cuarzosa blanquecina a gris oscura con intercalación de limoarolitas, limolitas oscuras y pizarras; se observa restos de plantas.
	Devónico		Formación Ananea	1000		-Pizarras gris oscuras, azuladas característicamente laminares y foliadas, con niveles micáceos y cuarcitas que se intercalan esporádicamente.
	Ordoviciano	Engen	Formación Santa	1000		-Secuencias de cuarcitas, en capas gruesas delgadas de color gris a blanquecino, bastante deformada con plegamientos y microplegamientos con intercalaciones de pizarras
		Llanura				
		Arco Rja				
			Grupo San José	3000		-Secuencia de pizarras característicamente laminado y foliado, que se intercalan con niveles pelíticos con evidencias de restos fósiles.

Fig. N° 07

sección de los valles de Sandia Huari Huari y Tambopata (cuadrángulo de Sandia) describiendo preliminarmente las Formaciones Iparo y Purumpata en base a las diferencias litológicas y al contenido fosilífero. Se extiende por más de 200 Km, desde la frontera con Bolivia hasta el río San Gaban, a lo largo del flanco Este de la Cordillera Oriental y se debe extender hacia el Noroeste. En la hoja de Limbani el Grupo San José aflora en el extremo NE de la hoja en el Tramo Corcora, Macho, Huayna donde la secuencia esta bien expuesta.

Douglas (1920) reporta una secuencia similar a la cual definio como Ordoviciano medio, en el río Chaquimayo afluente del río San Gaban, así mismo como Bulman, (1932), Dávila, Ponce de León (1971), Laubacher (1974), Dalmayrac (1980), reportan lutitas fosilíferas, del Llanvirniano, en esta parte de la Cordillera Oriental.

El Grupo San José en la hoja de Limbani, se encuentra bien desarrollado y consiste mayormente de una secuencia pizarrosa pelítica.

Por su litología esta unidad presenta una morfología suave en las cumbres, excepto las pendientes que corresponden a quebradas y valles donde se forman gargantas en muchos casos profundas, esto se observa en bajada Macho, Huayna.

El piso de esta unidad se desconoce en este sector, por lo que Tentativamente, se estima un grosor de 3500 m. En base a su extensión e inclinación notándose que disminuye hacia el Norte, su techo se encuentra infrayaciendo en contacto discordante fallado con la Formación Sandia. En el área de estudio se han diferenciado los dos niveles estratigráficos, ambas formaciones con abundante contenido fosilífero del Arenigiano y Llanvirniano respectivamente.

FORMACION IPARO

Esta representada litológicamente por una intercalación de pizarras, limolitas y limoarcilitas.

Las pizarras de color gris oscuro y gris plomizo predominan en este nivel, en capas delgadas y medianas 5 a 30 cm, de forma tabular, presentando característicamente una laminación interna a la vez que se encuentra bastante fracturadas (Foto N° 08) y con una leve esquistosidad debido al plegamiento intenso al que fue sometido, a diferencia las limolitas y limoarcilitas pizarrosas se presentan esporádicamente en capas delgadas 2 a 10 cm. Esta unidad tiene en diferentes lugares un contenido notorio de pirita que se manifestó como pátinas marrón amarillentas (Foto N° 09).

En el trayecto de Corcora a Macho se pudo recolectar fósiles principalmente en las pizarras determinaron como:

- *Didymograptus* aff. *D. extensus* (HALL) del Arenigiano inferior-medio, marino pelágico.
- *Tetragraptus quadribrachiatus* (HALL) Arenigiano marino pelágico. Las determinaciones fueron echas por M. Aldana del departamento de Paleontología del INGEMMET.

Los afloramientos de esta unidad continuaron hacia el Sur Este, al cuadrángulo de Sandia.

Formación Purumpata

Esta Unidad aflora principalmente entre los caceríos de Huayna y Ccosillocunca, al Este de la Formación Iparo como nucleo de un sinclinal, petrológicamente consta de una intercalación de limolitas, limoarcilitas pizarrosas y pizarras en capas delgadas, que presentan característicamente una laminación interna paralela y en otros casos ondulante. Al igual la unidad inferior la secuencia se halla fuertemente deformada.

Por efecto, de meteorización la roca presenta formas astillosas muy características, a modo de lápices y una esquistocidad paralela a la estratificación (Foto N° 10).

En esta Formación presenta mayor evidencia fosilífera que la unidad anterior infrayacente, M. Aldana identificado:

- *Diplograptus* cf. *D. foliaceus* (MURCHISON)
- *Loganograptus* cf. *L. Logani* (HALL).
- *Didymograptus bifidus* (HALL).
- *Didymograptus* cf. *D. spinulosus*.
- *Didymograptus* cf. *D. pluto* JENKINS.
- *Didymograptus* cf. *D. spinulosus*.
- *Glyptograptus* cf. *G. euglyphus pymaeus*.
- *Glossograptus* sp.
- *Azygograptus* sp..
- *Didymograptus* cf. *D. spinulosus* PERNER.
- *Didymograptus* cf. *D. sagatticaulis* GURLEY.
- *Dydigraptus serratus* (HALL).
- *Glossograptus hincksii* (HOPKINSON).
- *Climacograptus tubuliferos* (LAPW).
- *Glossograptus* cf. *G. ciliatus* EMMONS.

Todos ellos del Llanvirniano inferior de ambiente marino pelágico y asignados al Llanvirniano Leandeiliano inferior, también de origen marino.



Foto N° 8. Secuencia de pizarras en capas delgadas, con una característica de laminación interna, intercaladas con niveles delgados de limoarcillas y limolitas. La secuencia se encuentra fuertemente plegada y fracturada.



Foto N° 9. Pizarras gris oscuras bastante fosilíferas del Ordoviciano inferior principalmente Arenigiano.



Foto N° 10.

Bajada Huayna camino a Apurima; aflora una secuencia de limoarcillas gris oscuras característicamente laminares con ligera esquistosidad casi paralela a la estratificación.

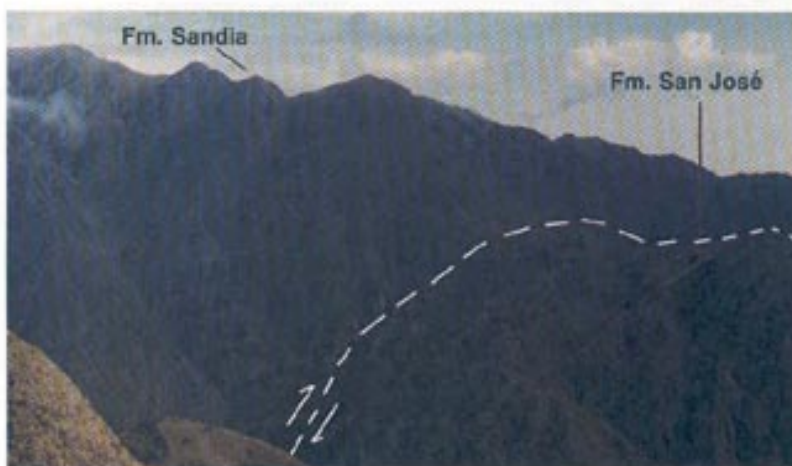


Foto N° 11

Vista panorámica del contacto fallado entre el Grupo San José y la Formación Sandia, localizado en el caserío Corcora al extremo NE del Cuadrángulo.

Estratigráficamente el Grupo San José se correlacionaría con la Formación Contaya del Oriente peruano y en Bolivia con la Formación. Capinota del Llanvirniano.

De acuerdo a las evidencias de fósiles esta unidad se habría depositado desde el Llanvirniano posiblemente hasta el Caradociano inferior.

FORMACIÓN SANDIA

Nombre dado por Laubacher G. (1973) para una secuencia de cuarcitas y rocas pelíticas pizarrosas que afloran en el valle del río Sandia y que se extiende a lo largo del flanco Este y en la propia cordillera Oriental.

Estructuralmente se halla bastante replegada formando pliegues incluso invertidos o echados en algunos casos fallados.

En general el ángulo de buzamiento de la secuencia tienen una orientación predominante hacia el NE.

En la hoja de Limbani se ha podido diferenciar tres miembros.

Miembro Inferior

Constituye la base de la secuencia, presenta estratos de cuarcitas, gris claras, a blanquecinas en capas gruesas y medianas tabulares de 0.20 hasta 1 m. se intercalan con algunos niveles delgados de cuarcitas gris oscuras, también se observa algunos estratos ondulado y lenticulares producto de las estructuras de sobre carga.

En este nivel se presentan la mayor cantidad de vetillas y vetas de cuarzo lechoso de 5 a 10 cm., donde se ha identificado el Au nativo a manera de pequeñas diseminaciones.

Esta secuencia aflora a lo largo del tramo Mina Uchuy Tambillo y próximo a Corcora (camino Aporoma), en donde se encuentra suprayaciendo en contacto fallado inversamente con la roca pizarrosas y ampelíticas del Grupo San José (Foto N°11).

Miembro Medio

La secuencia media de la Formación Sandia esta representada por una intercalación de cuarcitas gris claras, blanquecinas y gris oscuras en capas delgadas de 2 a 20cm, medianas y algunas capas gruesas. Presentando estructuras en rosario producto de la sobre carga, también se observa pequeños plegamientos e incluso presenta (Kind Band) micro pliegues

(Foto N° 12) en chevrón que indican la dirección de los esfuerzos compresivos y rotacionales, correspondientes a una fase tectónica.

La capas delgadas a medianas de 0.5 a 0.20 m. se intercalan y en conjunto forman escarpas casi verticales que se observan como morfología abrupta. Este nivel se encuentra mejor expuesto en el Cerro Apacheta camino a Cañiputo (Foto N° 13).

Miembro Superior

La secuencia superior de esta unidad, litológicamente está constituida por cuarcitas capas gruesas tabulares y muy subordinadamente niveles pizarrosos en capas delgadas.

Aflora al Sur y Norte de Cuyo Cuyo en estratos gruesos, tabulares de 1 a 2 m., de color gris claro, a gris blanquecino formando parte del núcleo de un anticlinal que infrayace a una secuencia de pizarras de la Formación Ananea, (Quebrada Tambillo). La secuencia cuarcítica es casi homogénea y se diferencia fácilmente porque constituye farallones casi verticales (Foto N° 14).

Por su competencia esta unidad presenta morfología abruptas, generando, valles profundos y encañonados como es el caso de la quebrada del río Limbani camino a Quitun.

En forma general toda esta secuencia se encuentra infrayaciendo a una secuencia de pizarras gris oscuras, azuladas que constituyen la Formación Ananea en un contacto fallado inversamente, asociado a la tectónica compresiva que afectó a esta región.

En en sección delgada (Foto N° 15) las cuarcitas del Grupo Sandia se observa ligeramente un esquistos de cuarzo-micas-cloritas.

En toda esta parte del área de estudio, no se ha encontrado evidencia fosilífera que represente a la Formación Sandia, pero se le estima una edad del Ordoviciano superior por la posición estratigráfica ya que suprayace al Grupo San José e inrayace a Formación Ananea donde se reporto fósiles del Siluro- Devoniano.

La importancia de la Formación Sandia, es que en ella se emplazan la mayor cantidad de minas que en la actualidad explotan mineralización de Au primario en vetas de cuarzo lechozo en forma artesanal e informal.

Se correlaciona en Bolivia con la Formación Mizqui, constituida de una secuencia de cuarcitas blancas, grises del Ashgilliano.

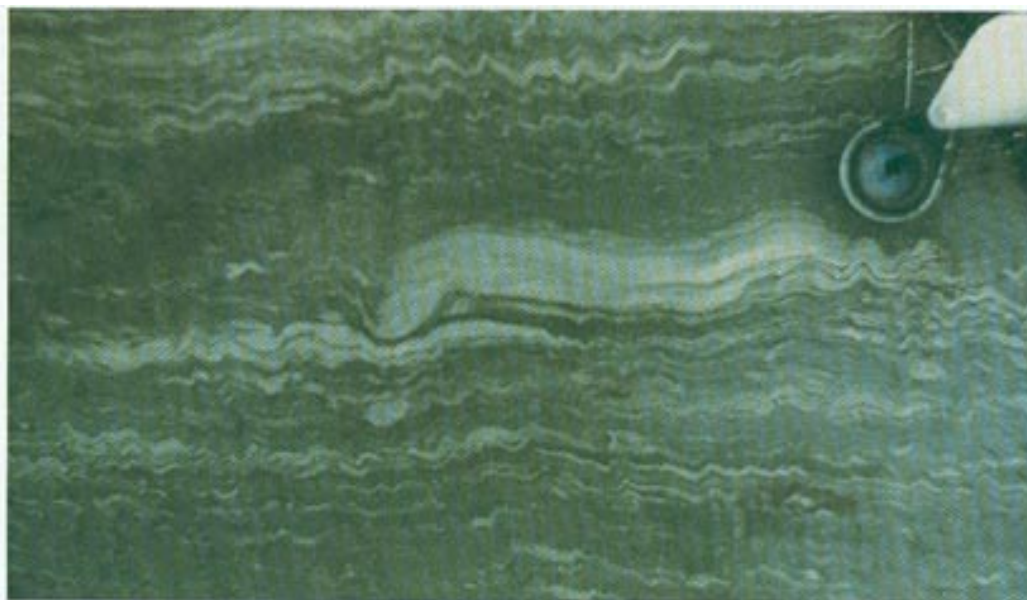


Foto N° 12 Estructura de Kink bands o pliegues milimétricos en chevrón postgenéticos; nótese la dirección de los esfuerzos compresivos.



Foto N° 13 En el cerro Apacheta camino a Cañiputo aflora una secuencia de cuarcitas gris claras a blanquecinas en capas gruesas a medianas, ligeramente plegadas de un aspecto macizo, presenta por lo general farallones escarpados.



Foto N° 14. Al Sur de Cuyo Cuyo en la quebrada Tambillo se observa una secuencia de cuarcitas gris blanquecinas en capas gruesas que se prolongan hacia las hojas de Putina y La Rinconada. Nótese los farallones casi verticales.

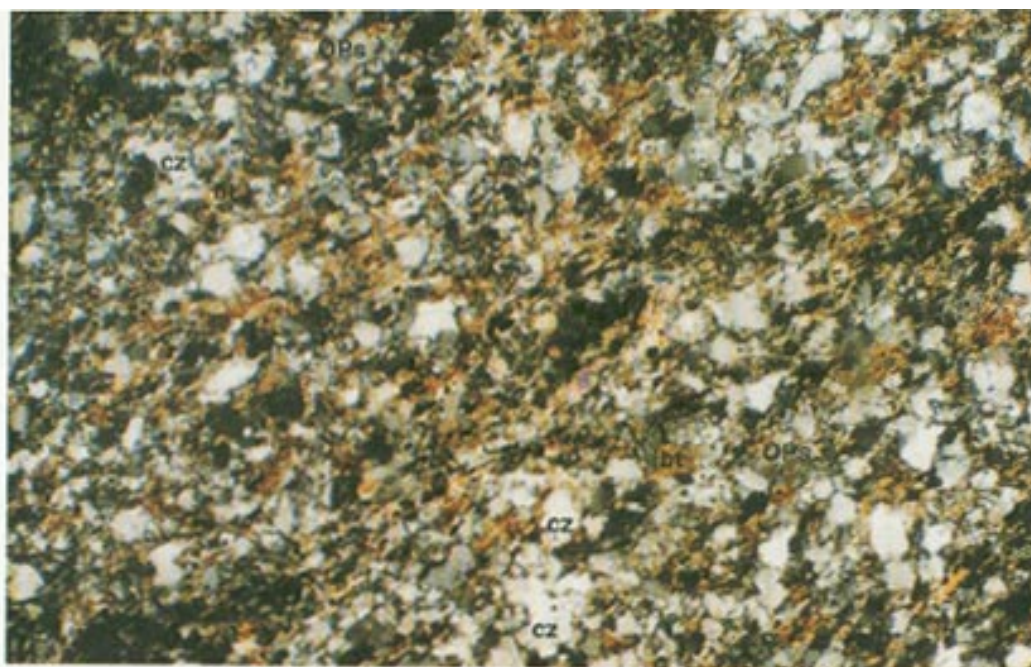


Foto N° 15. Sección delgada en nicóles cruzados. Aumento de 75x. Bandas con mayor concentración de bt-Ops y cz alternados con bandas de cz, en mayor proporción bt y Ops.

FORMACION ANANEA

Nombre asignado por Laubacher G. (1973) a una gruesa secuencia pizarrosa, pelítico-samítica, que aflora en su localidad típica del mismo nombre al SE del cuadrángulo de Limbani, formando parte de la Cordillera Oriental, y se prolonga hasta la Cordillera Real en Bolivia.

En el área de estudio esta unidad consiste de una gruesa secuencia de pizarras, pizarras-limolíticas y areniscas cuarzosas muy subordinadas.

Las pizarras afloran conspicuamente y se extienden casi continuamente por el extremo SE de la hoja de Limbani desde el poblado de Cuyo Cuyo-Laguna Saytacocha prolongándose al Noreste por los poblados de Patambuco, Limbani y limitado hacia el Oeste por los cuerpos plutónicos del Permo-Triásico.

Su morfología en general se caracteriza por relieves suaves con buena cobertura sin embargo en otros lugares se presentan muy deformadas y con morfologías abruptas, formando valles angostos tal como se observa en el valle del río Patambuco, en la Qda Sallaco etc.

Cuando están muy deformadas, en algunos niveles los signos de estratificación han desaparecido y se ha desarrollado una esquistocidad pronunciada (Foto N° 16). Las capas están fuertemente plegadas y existen muchas repeticiones debido a pliegues y fallas inversas. Por esta razón no se ha medido ninguna sección, no obstante se estima un espesor mayor de 1000 m. para esta zona.

Las pizarras de la Formación Ananea cerca a Cuyo Cuyo petrográficamente, se describen como pizarras y limoarcilitas pizarrosa, gris oscuras, gris azuladas y negras distinguiéndose por su foliación bien marcada, con presencia de niveles micáceos, bajo el microscopio (Foto N° 17) se observa a las pizarras de textura criptocristalino de micas, cuarzo y grafito, con fracturamiento paralelo a la foliación, rellena por limonitas.

En general esta secuencia cerca a los cuerpos plutónicos se muestra una aureola de metamorfismo leve de tipo epizonal, presentando hornfels (Foto N° 18), pizarras recrystalizadas e incluso pizarras de un aspecto calcinado, que presentan un aspecto macizo bien compacto esto se observa en Cerro Yana Orjo, Laguna Chogñecota etc. Camino a Limbani.

En sección delgada (Foto N° 19) se observa hornfels de micas y andalucita de textura porfidoblástica con presencia de minerales esenciales de micas, andalucita, cuarzo y minerales accesorios como cloritas, opacos y limonitas etc.

Esta gruesa secuencia suprayace a la Formación Sandia en un contacto fallado inversamente como producto de una tectónica compresiva e infrayace a la secuencia samítico-pelítica del Grupo Ambo en discordancia a excepción del Norte de Usicayos, donde las pizarras se hallan en contacto fallado inverso con las areniscas del Grupo Ambo.

La edad que se asume para esta secuencia va desde el Silurico al Devoniano, ya que se ha encontrado un fósil en la intersección de la Quebrada Huacuyo y la Quebrada Sallaco que ha sido determinado (M. Aldana) como

- Heterophrentis sp del Devoniano inferior-medio de ambiente marino bentónico.

La unidad se le correlaciona con la Formación Chagrapí en el altiplano (Klinck, B., Palacios, O. 1993). y en Bolivia con las formaciones Vila Vila y Santa Rosa.

GRUPO AMBO

Nombre denominado por Newell, N; Chronic, J. y Roberts, T. (1949) para una secuencia cuya su localidad típica aflora en los alrededores de Ambo en el departamento de Huánuco, en el altiplano fue descrita por Klinck y O. Palacios et al 1993 en el cuadrángulo de Puno, Natalio De La Cruz en el cuadrángulo de Azángaro (1995). El Grupo Ambo consiste de una secuencia clástica samito-pelítica y de ambiente continental que sobreyace en aparente continuidad sobre la secuencia pizarrosa de la Formación Ananea.

Aflora en forma regular en el sector Oeste del cuadrángulo de Limbani. En la columna medida al Oeste de la Laguna Cocaña Cocha, (Fig. N° 08) se le estima un grosor de 800 m. aprox. Desde el punto de vista litoestratigráfico lo podemos dividir en dos secuencias.

Secuencia Inferior

Esta secuencia se encuentra expuesta al Oeste de la laguna Cocaña Cocha en contacto concordante con las pizarras de la Formación Ananea (Foto N° 20).

Consiste de pizarras carbonosas intercaladas con lutitas en capas delgadas, característicamente laminar y areniscas cuarzosas de grano fino gris oscuras, sobre la cual tiene una gruesa secuencia de areniscas cuarzosas de grano fino en capas tabulares de 30 a 40 cm. algunas capas presenta estratificación sesgada de pequeña escala y bajo ángulo.

La parte media, se tiene una secuencia casi continua de pizarras gris oscuras en capas delgadas y tabulares intercaladas con areniscas cuarzosas de grano fino en estratos delgados.

Al tope de este nivel se tiene una gruesa secuencia de areniscas cuarzosas en capas de 30-40 cm. que se intercalan con limolitas pizarrosas en grosores muy discretos, esta unidad inferior alcanza aproximadamente 350 m. De grosor.



Foto N° 16. Cerca del abra de Aricoma camino a Limbani se observa la secuencia pizarrosa de la Fm. Ananea de color azulino en capas delgadas con una laminación interna casi concordante con la esquistosidad.

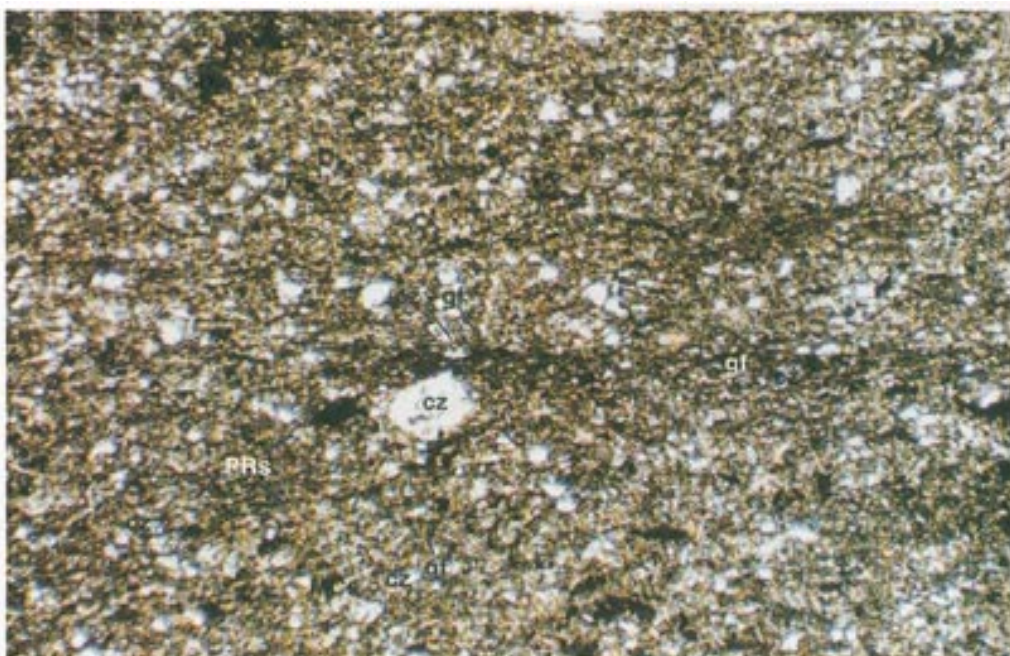


Foto N° 17. Sección delgada de una pizarra en nicoles cruzados con aumento de 150x. Se observa granos de cz, Mcs con bandas de cz-gf en matriz de grano muy fino a criptocristalino de cz-MCs-gf.

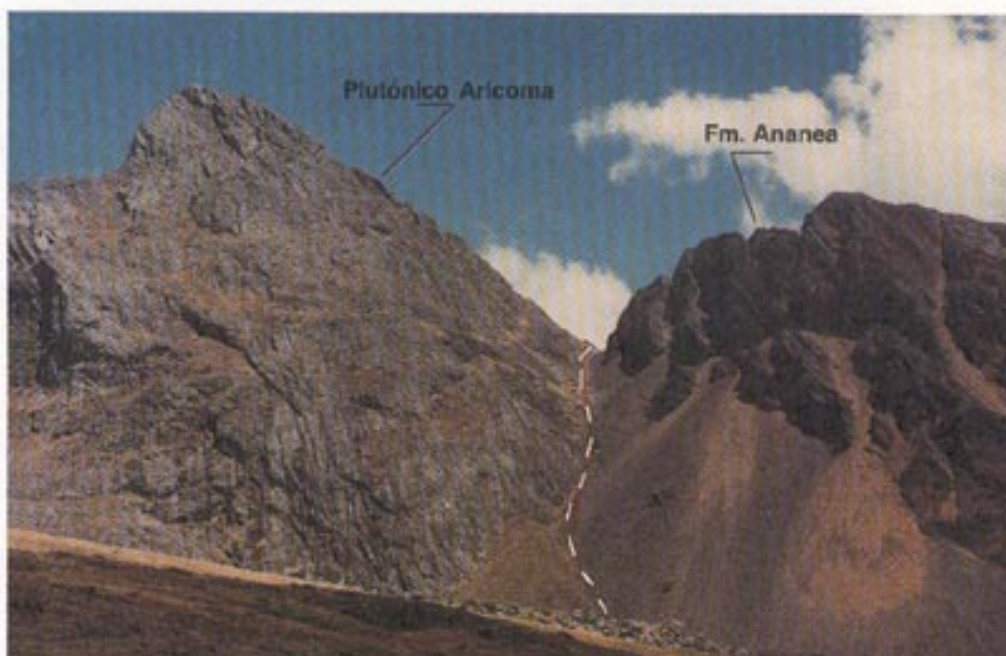


Foto N° 18. Cerro Colorado camino a Limbani, se observa el plutón Aricoma cortando a la secuencia pizarrosa de la Fm. Ananea, presentando una aureola por metamorfismo de contacto dando lugar a los hornfels.



Foto N° 19. Sección delgada de un hornfels en nicoles cruzados, y aumento de 75x. Se observa porfidoblastos euhedrales de anl con inclusiones de gt, la matriz constituida por cz-ser y Opa de formas alargadas.



Foto N° 20. Vista panorámica de la base del Grupo Ambo concordante a la pizarra de la Fm. Ananea cerca a la laguna Cocaña Cocha.

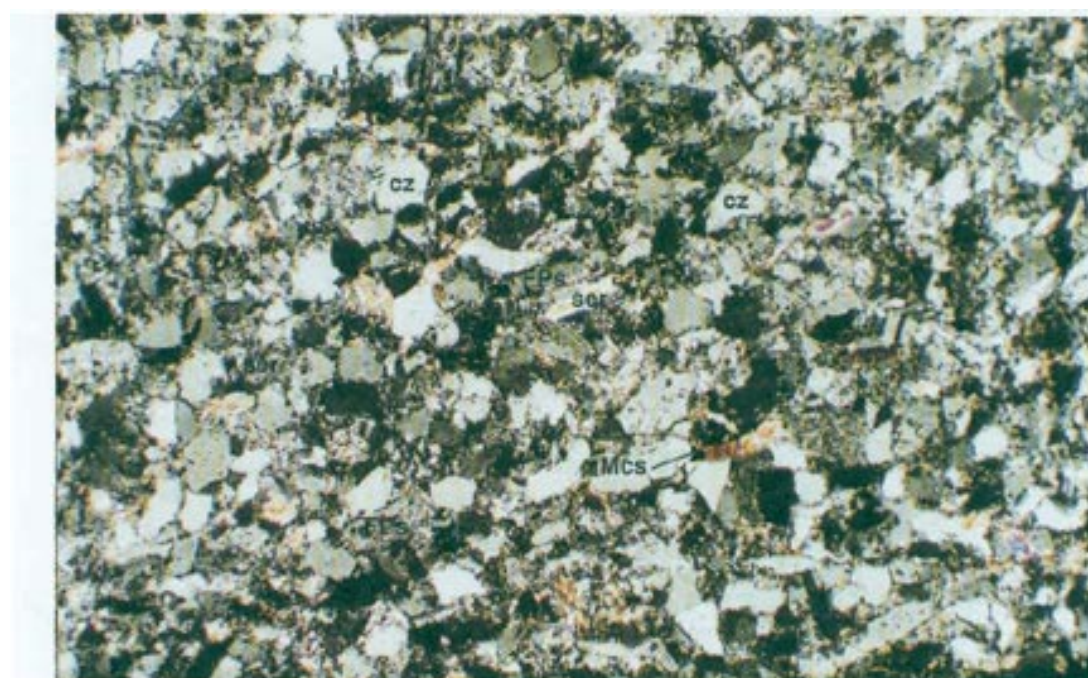


Foto N° 21. Sección delgada de las areniscas cuarzosas del Grupo Ambo, granos sub angulosos de cz, Mcs orientados en una matriz criptocristalina.

Secuencia Superior

La parte superior del Grupo Ambo está representada de areniscas con niveles de limolitas y limoarcilitas grises en algunos caso carbonosos.

Las areniscas son de grano fino, con algunos de grano medio, en capas delgadas a medianas de 10-40 cm. De grosor.

Las areniscas predominantemente son cuarzosas de color que varían de colores gris, gris claro, beige e incluso gris brunáceo con algunos niveles algo ferruginosos.

En sección delgada (Foto N° 21) se observa areniscas cuarzosas de grano fino sub redondeado, con presencia de micas que se alteran a cloritas a través del plano de clivaje, así mismo tenemos venillas de limonitas..

En la margen Oeste de la laguna Jaico se encuentra una secuencia continua donde se intercalan areniscas cuarzosas gris claras en capas delgadas, tabulares con limolitas carbonosas (Foto N° 22), lutitas característicamente laminares.

En el Cerro Mina Inca el Grupo Ambo infrayace concordantemente a la secuencia de areniscas y calizas del Grupo Tarma.

En los alrededores de Usicayos aflora la parte más superior de esta unidad estando constituida principalmente por una secuencia de arenisca cuarzosas de grano fino color gris a gris claro, en capas delgadas y medianas, en algunos niveles presentan superficies ondulitas de pequeña escala, con presencia de plantas (Foto N° 23).

Los restos de plantas encontradas en el área son:

- Calamites sp.
- Orthoceratidae ind.
- Huella de anélidos, Scalarituba ? sp., que se le atribuyen al misisipiano y acumuladas en el ambiente continental.

El Grupo Ambo por estar suprayaciendo a la Formación Ananea e infrayaciendo al Grupo Tarma, y de acuerdo a las evidencias paleontológicas le corresponde una edad del Carbonífero Inferior.

GRUPO TARMA

Es una secuencia pelítico - Samítica calcárea denominada así por Dumbor G., Newell N. (1946), en el Perú Central.

Asi mismo Adebaud, E. (1973) describe una secuencia areniscosa-pelítica-calcárea en la hoja de Sicuani. Igualmente Newell D. (1949) atribuye al Grupo Tarma a una secuencia similar, que se encuentra al Norte de Muñani.

En la hoja de Limbani tal unidad aflora indistintamente en el sector sur y en menor proporción en los alrededores de Usicayos al Norte.

Litológicamente, se caracteriza de una intercalación de areniscas, limoarcilitas y calizas micríticas, cuya proporción es muy variable (Foto N° 24).

En general la morfología que presenta es relativa dependiendo de la posición de las capas, ya que puede mostrar morfología suave, o abrupta. La cobertura que se forma tiene un desarrollo moderado dando coloraciones amarillentas, beige en algunos casos brunáceos.

En la Laguna Llulluchani se observa la base de esta unidad que se encuentra concordante sobre las areniscas cuarzosas y limolitas carbonosas del Grupo Ambo. La secuencia inferior del Grupo Tarma constituida principalmente de areniscas feldespática de color verde característico de grano medio a fino que se intercala con areniscas calcáreas de color gris y beige en capas medianas que tienen grosores de 20 a 50 cm.

De igual manera tenemos en el área de la Mina Santa Ana- Jotachaca se tiene una secuencia completa bien expuesta que la base corresponde a una intercalación de areniscas predominantemente feldespáticas, cuarzosa de tonalidad verdosas grano medio a fino en capas tabulares de 30-50 cm. de grosor, y en forma muy subordinada se encuentran areniscas calcáreas en capas delgadas de color gris claro y limoarcilitas bien laminadas, sobre este paquete tenemos una intercalación mas continua de areniscas feldespáticas de color verde a gris de grano medio en capas tabulares, que infrayacen a areniscas calcáreas en capas medianas y calizas micríticas gris oscuras a beige en capas de 10-30 cm de espesor, con presencia de fósiles, también se observaron limoarcilitas grises, beiges brunáceo característicamente laminares e incluso se tienen niveles de limoarcilitas calcáreas.

Al tope de esta secuencia tenemos una intercalación predominantemente de calizas, areniscas calcáreas color marrón amarillento en superficie meteorizada; con limoarcilitas y areniscas feldespáticas muy subordinadas en abundancia.

Bajo el microscopio (Foto N° 25) se observa una caliza bioclástica, arenosa, con alto contenido calcita.

De otro lado su límite superior con el Grupo Copacabana es concordante, y se marca donde se observa un cambio morfológico resaltante, donde acaba la secuencia areniscosa, arenisca calcárea y limoarcilítica para pasar a una secuencia netamente calcárea que tipifica a la unidad suprayacente (Foto N° 26).



Foto N° 22. Vista parcial de la secuencia superior del Grupo Ambo, consta de areniscas cuarzosas grises en capas delgadas, intercaladas con capas delgadas de limonitas, limoarcilitas carbonosas.



Foto N° 23. Presencia de ondulitas de pequeña escala en areniscas cuarzosas de grano fino, se puede observar también restos de huellas de plantas (troncos).

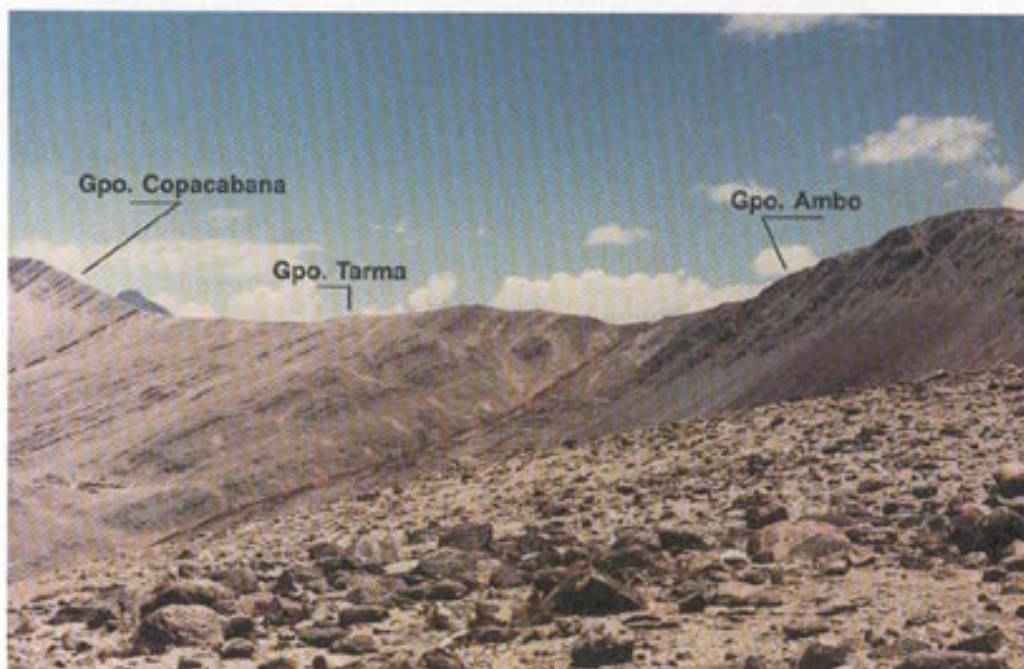


Foto N° 24. Vista panorámica del cerro Morado donde se observa al Grupo Tarma suprayaciendo concordantemente al Grupo Ambo e intrayaciendo al Grupo Copacabana.



Foto N° 25. Sección delgada de una caliza arenosa bioclástica con microfósiles, contenidos en calizas recristalizadas y granos de cz.

Los fósiles que se reportan en esta unidad estudiada según M. Aldana es como sigue:

Al Oeste del Cerro Cocaña Orjo (Laguna Cocaña Cocha), se encuentran niveles de calizas y areniscas calcáreas bastante fosilíferas que corresponden al rango Carbonífero superior - Permiano tales como; la paleoforma colectada son mayormente braquiopodos y moluscos descritos como:

- *Linoproductus cora* (D'ORBIGNY)
- *Neospirifer* sp.
- *Neospirifer cameratus* (MORTON)
- *Kochiproductus* cf. *K. peruvianus* (D'ORBIGNY)
- *Composita* sp.
- *Crurithyris* sp.
- *Lophophyllidium* sp.
- *Spiriferella* sp.
- *Kochiproductus* cf. *K. peruvianus* (LEA)
- *Syringothyris* sp.
- *Linoproductus* cf. *L. cora* (D'ORBIGNY)
- *Buxtonia peruviana* (D'ORBIGNY)
- *Buxtonia* sp.
- *Kozlowskia* sp.
- *Lissochonetes* sp.
- *Kiangsiellampinguis* CHRONIC

De acuerdo con las evidencias paleontológicas encontradas y la posición dentro de la secuencia, el Grupo Tarma debe haberse depositado durante Carbonífero superior.

GRUPO COPACABANA

Douglas, J. (1914) describió como tal a una secuencia calcárea-pelítica que aflora en los alrededores de la península de Copacabana, en el Lago Titicaca. Posteriormente King (1930), la define como perteneciente al Pérmico inferior; a su vez, Cabrera La Rosa, A. y Petersen, G (1936) la designan como Formación Copacabana, así mismo Dumbar y Newell N. (1946) la elevan a la categoría de Grupo.

En 1953, Newell N. Chronic, J. y Roberts, T. establecen 4 zonas de fusulinidos en la unidad:

Zona de *Silvaseptopora*, zona de *tritictes opimus*, zona de *Pseudoschwagerina uddeni* y zona de *Parafusulina*.

Laubacher, G, (1978) por su parte, lo ha reconocido en los cuadrángulos de Macusani y Nuñoa.

En el área de estudio se localizan algunos afloramientos en los sectores Oeste, Sur y en el extremo SO del cuadrángulo siendo los más representativos aquellos del cerro Yana Orjo, la laguna Saijacocha al NE de Crucero, Cerro Morado cabecera de la Qda Ajotera y en los alrededores de la Mina Cecilia.

Una de las características más resaltantes de esta unidad es su expresión morfológica ya que presenta escarpas verticales notorias y una posición bien definida que presenta buena estratificación de color gris claro y beige, generando un suelo de color amarillento.

Otra característica resaltante son las superficies kársticas, así como el replegamiento continuo y regional especialmente en los alrededores de la Mina Cecilia y en el extremo SO de la Hoja.

La litología esencialmente está dada por calizas de color crema, gris oscuro, en muchos casos silicificadas y dolomitizadas, con intercalaciones de caliza dolomítica, limoarcilitas calcáreas de color gris.

En el flanco Este del Cerro Morado se puede diferenciar tres secuencias.

Secuencia Inferior

Por ser la base se puede observar la relación estratigráfica en posición concordante sobre el Grupo Tarma (Foto N° 26), con una secuencia de calizas micríticas a espáticas en capas gruesas de 0.50 a 1 m. color gris oscuro, en superficie alterada presenta una coloración beige a gris claro; intercaladas con calizas dolomitizadas de 40-50 cm. en su conjunto se observa una superficie kárstica suave y un diaclasamiento perpendicular (Foto N° 27). La estratificación es paralela con la superficie ondulada irregular.

Secuencia Media

Consta litológicamente de una intercalación de calizas micríticas de color gris violáceas en capas delgadas a medianas que van de 30 a 40 cm., con limoarcilitas calcáreas característicamente laminadas de color beige a gris claro, toda esta secuencia alcanza los 50 m. De grosor aproximadamente, estratificación paralela (Foto 28).

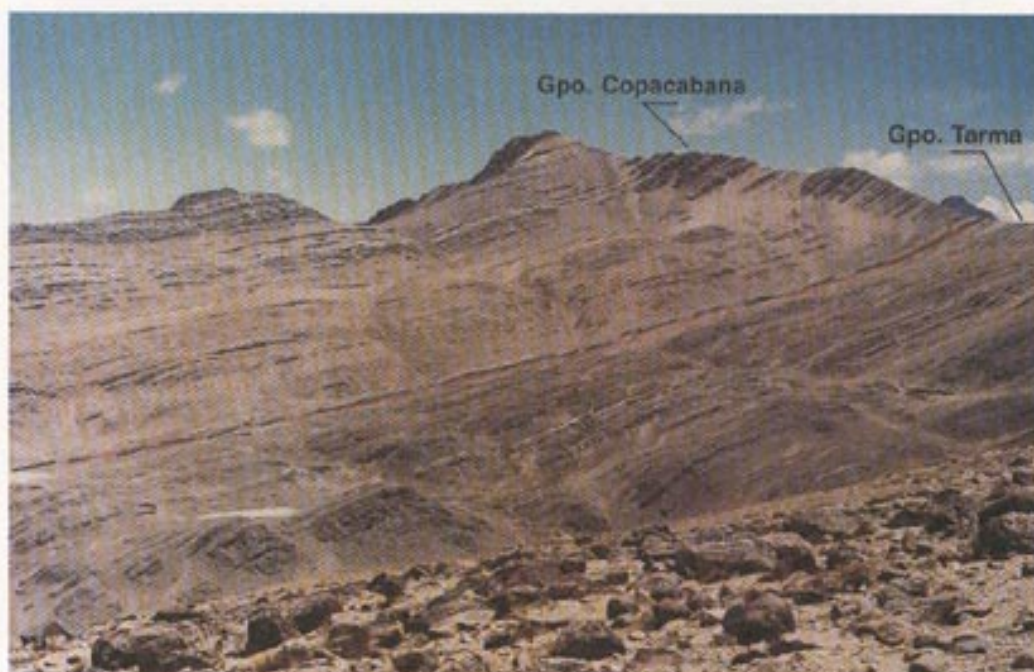


Foto N° 26. Cerro Morado; se observa el contacto concordante de areniscas, areniscas calcáreas, dolomitas y limoarcilitas del Grupo Tarma con calizas y dolomitas del Grupo Copacabana.



Foto N° 27. Flanco Este del cerro Morado; se observa una secuencia de calizas micríticas, espáticas con estratos de dolomitas, con fuerte fracturamiento perpendicular a la estratificación. Esta secuencia presenta niveles con contenido fósil.



Foto N° 28. Vista parcial de la secuencia calcárea, con niveles de limoarcilitas calcáreas de Grupo Copacabana, las calizas en estratos gruesos a medianos, tabulares con contenido fosilífero, al Sur de la laguna Sulucuchu.

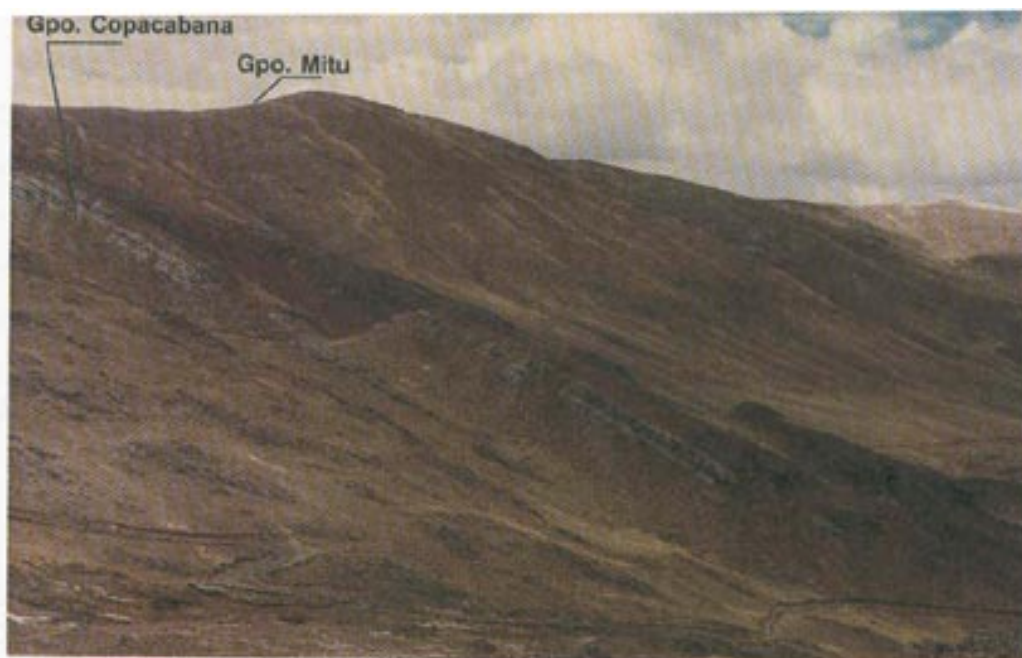


Foto N° 29. Abra de Usicayos; se observa la secuencia superior del Grupo Copacabana con tonalidad rojiza como consecuencia de la oxidación de las calizas al momento de la erosión y acumulación de los materiales pre Mitu.

Secuencia superior

Alcanza un grosor de 200 m. Y está constituida principalmente de calizas micríticas, calizas espáticas de color azulino, violáceo en capas gruesas, que se intercala con dolomitas, calizas silicificadas gris oscuras y esporádicamente limoarcilitas calcáreas de color gris, al tope de esta unidad se puede observar las calizas con una tonalidad rojiza, debido a la oxidación de las calizas posiblemente en relación con la erosión y acumulación de la unidad suprayacente constituida por capas rojas continentales (Foto N° 29).

La parte superior del Grupo Copacabana fué profundamente afectada por los agentes de erosión que precedieron a los depósitos del Permiano superior continental, una evidencia de esto es el conglomerado del Grupo Mitu, constituido principalmente de líticos sub angulos a sub redondeados de calizas, calizas silicificadas, chert etc.

La secuencia del Grupo Copacabana en general es fosilífera; se han recolectado muestras que fueron estudiadas por M. Aldana, quien reportamayormente Braquiópodos, y moluscos signados al Permiano inferior y de ambiente marino bentónico, estas son:

- *Neospirifer cameratus* (MORTON).
- *Neospirifer condor* (D'ORBIGNY). Permiano.
- *Stereochia inca* (D'ORBIGNY). Permiano.
- *Omphalotrochus* sp. Permiano.
- *Linoproductus* cf. *L. cora* (D'ORBIGNY).
- *Kiangsiella pinguis* CHRONIC.

El tope de esta secuencia se encuentra en una discordancia angular con las capas rojas del Grupo Mitu. De acuerdo a los reportes paleontológicos y a su relación estratigráfica al Grupo Copacabana se le asigna una edad Pérmiana inferior.

GRUPO MITU

El Grupo Mitu del Pérmico superior, definido en el Perú central, por Mc Laughlin, D. (1924), y descrito Newell et.al (1953) y Megard (1973), quienes denominaron como tal a un aconjunto de depósitos continentales volcánico-detriticos de espesor muy variable.

En el Sur del país, el Grupo Mitu tiene un gran desarrollo, sobre todo a lo largo del frente SO de la Cordillera Oriental datados por su situación entre el Leonardiano inferior y el Triásico inferior por Klinck y otros 1993, quienes han subdividido a la secuencia volcánico - sedimentaria contienetal:

Como Grupo Mitu (secuencia sedimentaria) y sobreyaciendo el Grupo Isca de carácter volcánico y volcanoclástico.

No obstante considerando el desarrollo de la secuencia volcanoclástica - sedimentaria

de origen continental en el cuadrángulo de Limbani se le describe conjunto como Grupo Mitu.

Este Grupo Mitu sirve como guía y esta relacionado a un periodo de erosión intensa, que ha dado lugar a la acumulación de una secuencia continental detrítica y volcano-detrítica que muestra poco transporte.

Se nota intercalación con material volcánico del tipo lavas, piroclásticas las que se interdigitan con las sedimentitas.

La morfología que presenta el Grupo Mitu es abrupta, e incluso presenta escarpas sub verticales, otra característica destacable es la coloración rojiza, violácea, que tipifica a las capas rojas, que sirven para diferenciarla fácilmente en el campo.

En el área de estudio podemos reconocer dos litofacies; una litofacie conglomerádica a brecha sedimentaria y la otra volcánica de carácter ígneo efusivo que puede ser de nivel subvolcánico a piroclástico.

La facie conglomerádica aflora en el río Grande, en la parte Sur del cuadrángulo de Limbani a la altura de la desembocadura de las quebradas Jollpa Mayo y Pejañani. Los dos conglomerados están constituidos de fragmentos líticos de calizas gris azuladas, gris clara, arenisca arcósica roja a oscuras, clastos de volcánicos en una matriz de arenisca arcósica rojiza de grano grueso, el tamaño de los fragmentos es variable de 2 a 10 cm. de sub redondeados a sub angulosos, en capas gruesas debilmente diferenciadas, de aspecto macizo y fuertemente cementado, presentando escarpas casi verticales (Foto N° 30-31).

El contenido de fragmentos líticos evidencian la coetaneidad entre el volcánico y la depositación del material clástico.

La litofacie volcánica se caracteriza por estar conformada de lavas de composición andesítica, de color rojiza, brunácea y muy raramente verduzca. Las andesitas son de textura afanítica en la que destacan microcristales de plagioclasa el color brunácea, con una fuerte limonitización y debil epidotización.

En sección delgada (Foto N° 32) se observa una andesita limonitizada de textura porfirítica con fenos de plagioclasas y moldes alterados de limonitas, carbonatos en una matriz de plagioclasas con sericita intersticial.

Los volcánicos del Grupo Mitu han divididos de acuerdo a criterios mineralógicos y químicos, en alcalinos, peralcalinos y shoshoníticos (Kontak, D.) así mismo pertenece al magmatismo Arco Interno (Carlier, 1982; Kontak, D. 1983-84), y estando relacionados a los procesos de subducción, según estos autores.



Foto N° 30. Margen izquierda del río Crucero; se observa afloramientos de conglomerados polimícticos del Grupo Mitu formando escarpas que alcanzan hasta 50 m.



Foto N° 31. Conglomerados polimícticos con fragmentos de hasta 10 cm, sub redondeados a sub angulosos, lílicos principalmente calizas, chert, dolomitas y en menor proporción areniscas arcóscicas.



Foto N° 32. Sección delgada de los volcánicos del Grupo Mitu, andesitas de textura porfírica con fenocristales alterados de CBs-LIMs; PGLs alterados, en una matriz de plagioclasas, cuarzo con limonita intersticial.



Foto N° 33. Volcánicos del Grupo Mitu sobreyaciendo en discordancia angular sobre la caliza del Grupo Copacabana.

El Grupo Mitu sobreyace en discordancia erosional a las calizas del Grupo Copacabana al Oeste de la laguna Sajracocha, Cerro Yana Orjo y Río Cecilia (Foto N° 33).

La edad que se le asigna al Grupo Mitu, por la falta de evidencias paleontológicas y basados en su relación estratigráfica estaría en el Permiano superior. Según Kontak, D. et al (1985) las lavas de la Cordillera Oriental tiene un rango de edad Rb-Sr entre 270-210 Ma. Otras edades similares obtenidas por el método K-Ar 245 - 280 Ma para las volcanitas del NO de Bolivia (Mc Bride y otros 1983); por otro lado en el altiplano Klinck, B. Palacios, O. et al (1993), obtienen una edad K-ar 272 Ma para el Grupo Iscay, según estos datos las rocas varían desde el Permiano inferior al Triásico inferior.

FORMACIÓN HUANCANE

Las areniscas de Huancané fueron descritas por Petersen y Cabrera La Rosa (1936) luego estudiadas por Newell (1945) y Heim (1947), en la región del Lago Titicaca.

En el área de estudio, se localiza al SO del cuadrángulo y se prolonga hacia la hoja de Putina, formando parte de la depresión de Crucero - Ananéa. Su extensión superficial limitada por bloques de rocas paleozoicas que al parecer han controlado la sedimentación durante el Cretáceo.

En esta parte la Formación Huancané no se encuentra completa. Está constituida por areniscas cuarzosas grano fino a medio, bien compactas y resistentes de color blanquecino y algunos niveles rojizos a rosados, en capas gruesas a medianas que tienen grosores de 10 a 50 cm.

Morfológicamente resaltan dando formas abruptas, que en algunos casos presentan escarpas.

En algunos lugares se puede apreciar estructuras sedimentarias, como estratificación sesgada de pequeña escala y bajo ángulo, laminación interna.

Las areniscas de la Formación Huancané hacia el Oeste y Suroeste en los cuadrángulos de Macusani, Putina y Azangaro, suprayace concordantemente a la Formación Muni; que consiste esencialmente de lodolitas y areniscas rojas. Tal relación no se observa en el cuadrángulo de Limbani. No obstante se considera que la relación debe ser similar. Infrayace en concordancia al Grupo Moho, relación que se observa al Sur de la mina Princesa - Camino a Hacienda Pacopampa, infrayace también en discordancia angular a la Formación Arco Aja en el área limitada principalmente por los ríos Cullco y Crucero (Foto N° 34)

El grosor estimada es de 80 m., ya que la secuencia samítica se encuentra deformada y cubierta por unidades más jóvenes.

Edad y Correlación

A la Formación Huancané se le atribuye una edad del Cretáceo inferior posiblemente acumulada durante el Valanginiano.

Se le correlaciona con el Grupo Goyllarisquizga al Norte y Centro del Perú, con la Formación Murco de Arequipa (Jenks, 1948; Benavides, 1962), y con la parte superior del Grupo Yura de la Región de Abancay y Andahuaylas (Marocco, 1971).

GRUPO MOHO

Esta unidad fue descrita así por Newell, (1945), en la región del Altiplano. Los afloramientos del Grupo Moho en el cuadrángulo de Limbani están restringidos al Suroeste del cuadrángulo.

Las ocurrencias del Grupo Moho se encuentran a ambos lados del río Cullco y hacia el norte de la hacienda Pocobamba (cuadrángulo de Putina) a modo de afloramientos aislados y pequeños, que sobreyacen concordantemente a las areniscas de la Formación Huancané. Ya que estos afloramientos forman parte de la depresión de Crucero - Ananéa, La morfología se caracteriza por presentar colinas suaves, formas irregulares como consecuencia del replegamiento especialmente en las calizas del Ayabaca.

Litológicamente el Grupo Moho esta constituido por lodolitas y areniscas rojas con algunos niveles de limolitas verdes y pardas. Sobreyacen al nivel rojiza calizas micríticas y calizas recrystalizadas de color beige a gris claro, en superficie alterada presenta una coloración amarillenta.

Se presenta en capas gruesas a medianas, que van de 30 a 50 cm, bien resistente en algunas partes está silicificada, mostrando cierto plegamiento irregular.

El grosor de las calizas es de 10 -15m debido a que esta zona fue posiblemente la parte marginal de la cuenca, debido a esto la secuencia Cretácica no se encuentra muy desarrollada (Foto N° 35).

Al sur de la Mina Princesa, camino a la Hacienda Pacopampa se tiene a las calizas suprayaciendo concordantemente a las lodolitas rojas que se encuentran sobre la Formación Huancané e infrayacen concordantemente a lodolitas, limonitas y areniscas rojizas, pardo verdosas que generan una morfología más suave.

En Chullu Pampa y Jatuhui, se tiene infrayaciendo en discordancia angular a la Formación Arco Aja.

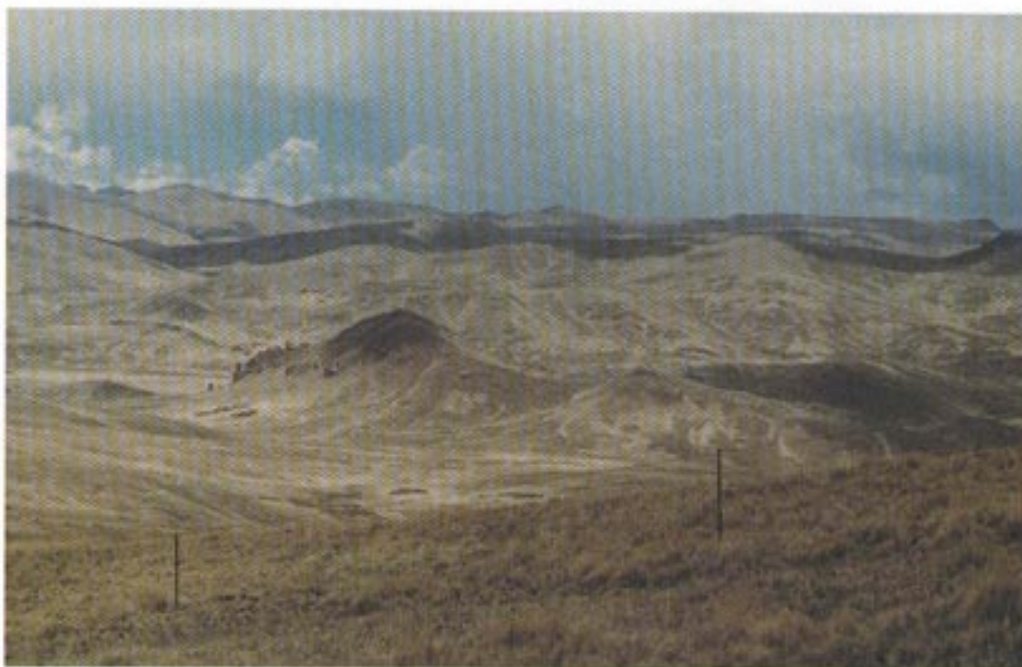


Foto N° 34. Vista panorámica de la secuencia cretácica en la margen izquierda del río Cullo se tiene a la formación Huancané infrayaciendo al Grupo Moho.



Foto N° 35. Vista parcial del Grupo Moho; se observa la secuencia de areniscas y lodolitas rojas y hacia el tope las calizas de la Formación Ayavacas, margen izquierda del río Cullo.

Edad y Correlación

En el presente estudio no se reportan evidencias paleontológicas, aunque según posición y relaciones estratigráficas en área adyacentes, la edad que se le atribuye va del Albiano al Cenomaniano.

Se correlaciona con la Formación Sangarará y la Formación Yuncaypata del área del Cuzco.

FORMACION PICOTANI

Las ignimbritas de Picotani denominada así por Kontak (1985), Bohomme et al. (1988) y Laubacher et al (1988).

Esta unidad forma parte del conjunto ignimbrítico del SE del Perú especialmente relacionado a las ignimbritas de Macusani (Quenamari), como producto de los episodios volcánicos Miopliocénicos (Foto N° 36).

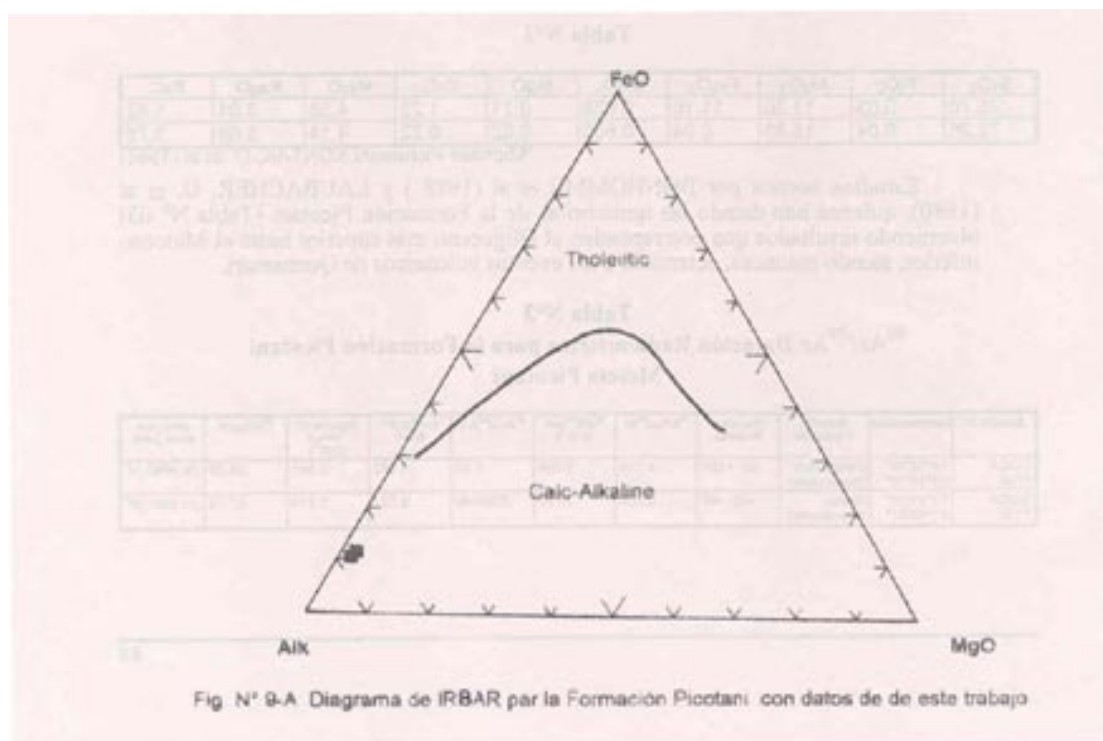
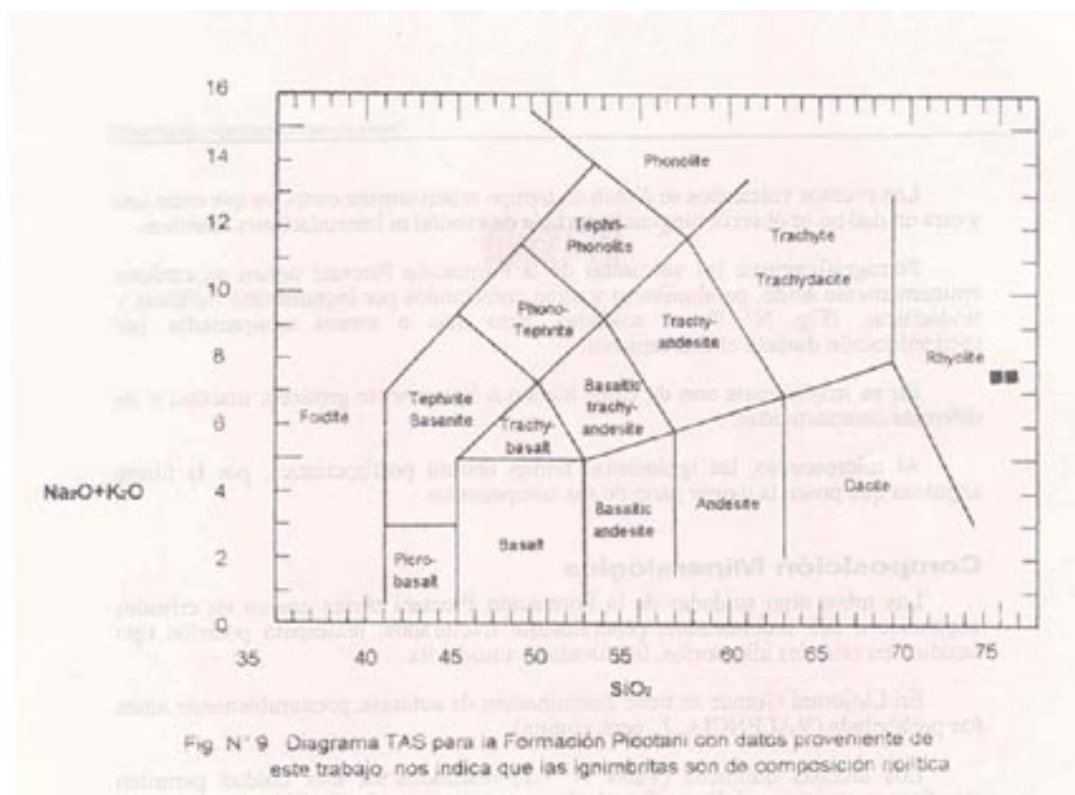
La Formación Picotani aflora dentro la depresión de Crucero-Ananea-Ancocala al Sur de la hoja de Limbani prologándose en mayor extensión hacia la hoja de Putina, ocupando una área aproximada de 100 km² de forma triangular, se le reconoce en el campo por presentar una morfológica suave, en muchos casos formando mesetas Sub horizontales y en otros morfológica abrupta como resultado de la erosión lateral en las quebradas y el río Grande.

En la hacienda Huacchane ubicada en la margen derecha del río Grande se puede observar hasta tres eventos de flujo piroclásticos la base se caracteriza por presentar una suave cohesión y es fácilmente erosionada, la segunda fase corresponde a ignimbritas más resistentes y de forma columnar, la última fase corresponde a ignimbritas con un mayor contenido de líticos que incluso alcanza hasta 5cm de diámetro (piroclastitas), su grosor total que varía entre 50-100 m.

Los eventos volcánicos se dieron en tiempo relativamente corto, ya que entre una y otra unidad no se observa ninguna superficie de erosión ni intercalaciones detríticas.

Petrográficamente las volcanitas de la Formación Picotani tienen un carácter eminentemente ácido, peraluminoso y están constituido por ignimbritas riolíticas y riodacíticas, (Fig. N° 9) no soldadas, pero mas o menos compactadas por recristalización durante el enfriamiento.

En su mayor parte son de color blanco o ligeramente grisáceo, macizas y de diferente compacticidad.



Al microscopio, las ignimbritas tienen textura porfiroclástica, por la forma angulosa que posee la mayor parte de sus componentes.

Composición Mineralógica

Las tobas algo soldadas de la Formación Picotani tienen cuarzo en cristales angulosos o sub redondeados, generalmente fracturados, feldespato potásico tipo sanidina en cristales idiomorfos, fracturados muscovita.

En Llojorani Grande se tiene diseminación de autonita, presumiblemente antes fue Petchbenda (J. Valencia Herrera, pers, commun).

Los análisis químicos (Tabla N° 02) realizados en esta unidad permiten clasificar a estas rocas riolitas calco-alcalinas como muestra la Fig. N° 9-A.

Tabla N°2

S ₁ O ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	C ₂ O	Na ₂ O	K ₂ O	PxC
75.70	0.03	11.30	11.16	0.038	0.21	1.23	4.55	3.01	1.82
72.26	0.04	15.83	0.04	0.600	0.02	0.22	4.14	3.66	3.78

*Michael Pichavant KONTAK, D. et al (1988)

Estudios hechos por Bonhomme et al (1988) y Laubacher et al (1980), quienes han datado las ignimbritas de la Formación Picotani (Tabla N° 03) obteniendo resultados que corresponden al Oligoceno más superior hasta el Mioceno inferior, siendo entonces, anteriores a los eventos volcánicos de Quenamari.

Tabla N°3
⁴⁰Ar/³⁹Ar Datación Radiométrica para la Formación Picotani
Meseta Picotani

Sample N°	Coordenadas	Materia Analizada	Fración Muestra	⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar	⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar (X10 ³)	⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar	(cm ³ X10 ⁴ NTP)	Volume of ³⁹ Ar (X10 ³)	⁴⁰ Ar %	(Ma) and error (2σ)
GDCA 1102	14°32'15" 69°45'10"	Whole rock (absarokta)	-80, +100	4.235	0.368	1.30	0.142	3.541	66.26	26.66±0.17
GDCA 1100	14°33'04" 69°48'41"	Dioite (shyodache)	-40, +60	3.704	1.717	0.00145	3.331	3.914	87.65	23.99±0.07

FORMACION ARCO AJA

Ha sido definida por Fornari et. Al (1981) en la quebrada Arco Aja como una secuencia de conglomerados poco consolidados intercalados con lodolitas, que se localizan en el sector Suroeste del área de estudio, preferentemente hacia la margen izquierda del Río Crucero.

Se le reconoce en el campo por modelar relieves suaves a causa de su débil grado de diagénesis, en algunos casos cubiertos por depósitos recientes, su coloración es rojiza a pardo gris observable en los cortes hechos por el río donde se tienen cortes escarpados (Fotos N° 37, 38).

En la intersección del río Crucero y el Río Cecilia tenemos a la unidad mejor expuesta. Se trata de una secuencia de conglomerado polimícticos sub redondeados a sub angulosos mal clasificados cuyos líticos varían de 5-10 cm, presenta un matriz limosa, en capas gruesas sub horizontales, de color rojizo, no se observa imbricación, se intercala con niveles de areniscas limosas, en capas gruesas de 40-50cm, que tienen coloración similar, en esta área se estima un grosor de 20-50 m. Se prolongan hacia el NO con un incremento de las lodolitas en capas delgadas rojizas. En la margen izquierda de Río Cullco cerca a la intersección con el Río Crucero, tenemos también la secuencia bien expuesta, consta de conglomerados polimícticos, de matriz limominosa distribuidos caoticamente con rasgos heterogéneos, de forma sub angulosas a sub redondeadas.

La Formación Arco Aja hacia el Sur suprayace en discordancia angular a rocas del Paleozoico superior del (Grupo Copacabana Grupo Mitu), rocas del Cretáceo inferior Formación Huancané y Formación Ayabacas e incluso descansa sobre las ignimbritas de la Formación Picotani.

Edad.- En esta secuencia no se han encontrado evidencias paleontológicas, pero por su posición estratigráfica y su poca consolidación y el grado de deformación puede asignarse al Plioceno- Pleistoceno, correlacionable con la Formación Azangaro.

DEPOSITO GLACIOFLUVIALES

Ocupan una extensa área y gran parte de la depresión de Crucero - Ananéa, mayormente se ubican hacia la margen derecha del río Crucero, prolongandose hacia el NE a la hoja de Macusani, generalmente se encuentra a alturas que van de 4,200 a 4,600 m.s.n.m.

Los depósitos glaciofluviales en esta área presenta una morfología suave y ondulada, formando extensas pampas con una ligera inclinación de 5 a 10° hacia el Suroeste, están intersectados por un sistema de drenaje paralelo a sub paralelo de pequeños riachuelos y quebradas que son aflorantes del río crucero.

Estos depósitos se encuentran cubriendo a las preexistentes en el cuadrángulo de Limbani, mayormente cubren a rocas Paleozoicas, por lo general presentan una caótica distribución de sus elementos, que provienen también de la remoción del material que forma las morrenas glaciares.

El material que constituyen estos depósitos son de bloques, guijas y gravas sub angulosas a sub redondeadas en una matriz arenosa y delesnable, intercalandose con algunos niveles de conglomerado sub angulosos a sub redondeado. Todos presentan una coloración grisácea. El grosor que se les estima es muy variable.

La edad que se le asigna es del Pleistoceno, por su relación infrayacente a morrenas más resistentes que aún consevaron su morfología .

DEPOSITOS LACUSTRINO

Estos depósitos reposan horizontalmente o en discordancia angular sobre las rocas infrayacentes, se localizan en la margen izquierda del río Crucero a la altura de Pucajaca, formando una superficie sub horizontal que alcanza un área aproximada de 16 km²., lo que nos permite suponer que se trate de una pequeña cuenca de ambiente lagunar. En el corte del río Crucero tenemos 20-25 m. de espesor, constituido por limoarcilitas gris claras y amarillentas intercaladas con arcilitas y diatomitas impuras, en capas delgadas característicamente con una laminación interna paralela se puede suponer que estos sedimentos sean posteriores a los depósitos de la Formación Arco Aja. Se le asigna una edad Pleistocénica (Foto N° 39).

DEPOSITOS MORRENICO

Los depósitos morrénicos tienen una marcada presencia en el cuadrángulo de Limbani , ya que se encuentran formando parte de la Cordillera Oriental, y asociados con los Nevados tales como Aricoma, Jalahuana y en el Norte el nevado de Ccoasupo, entre otros lo que permite deducir la intensa actividad glacial en el área durante el Cuaternario.

Los depósitos morrénicos se encuentran distribuidos al pie o cerca de los nevados, conservando aún la forma alargada.

En el área tenemos preferentemente depósitos morrénicos laterales con una orientación de la remoción hacia el Sur y en menor proporción depósitos morrénicos frontales, que de una u otra manera actúan como diques, en las lagunas Cocaña Cocha, Veluyo Cocha.

Los materiales que constituyen estos depósitos son esencialmente gravas dispuestas caóticamente y muy heterogéneas, con clastos angulosos a sub angulosos, en una matriz arenolimoso.

Estos depósitos se encuentran yaciendo sobre depósitos glaciofluviales pre existentes, por lo que se les atribuye una edad Holocénica (Foto N° 40).

DEPOSITOS ALUVIALES

Estos depósitos se encuentran distribuidos en todo el cuadrángulo relleno el fondo de los valles o quebradas principales. La mayoría de estos alcanzan el nivel freático.

A lo largo del lecho del río Crucero se tiene mejor expuesto estos depósitos constituidos por bloques, guijas, gravas, arenas, limos y arcillas de composición heterogénea y una mala estratificación, presentando en algunos casos lenticularidad, imbricación y terrazas.

En la desembocadura del río Aricoma hacia el río Crucero se tiene un cono aluvial bien marcado, con la dirección del drenaje semi radial, que cortan a la vez a depósitos glaciofluviales pre existentes Sarajotaña, con constitución de materiales similares que el anterior.

Estos depósitos se vienen acumulando con diferente intensidad desde el Holoceno hasta los tiempos actuales, tapizando las depresiones morfológicas, junto con los depósitos aluviales se han cartografiado los depósitos de escombros de talud, que generalmente cubren parcialmente los flancos escarpados de las elevaciones y valles.



Foto N° 36
Vista panorámica de las ignimbritas de la Formación Picotani, formando mesetas sub horizontales.



Foto N° 37
Secuencia de conglomerados intercalados con lodolitas en capas medianas a gruesas poco consolidadas de color rojizo, localizada en la margen izquierda del río Culico.

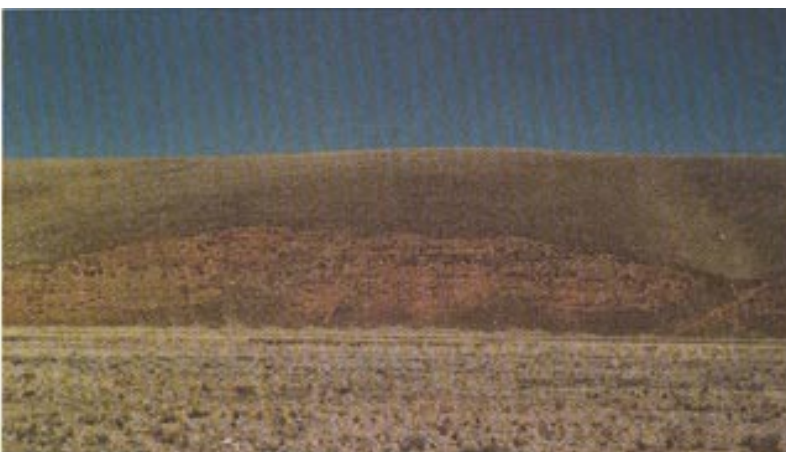


Foto N° 38
Vista panorámica de la Formación Arco Aja, en la margen izquierda del río Culico, formando una morfología suave.

ROCAS INTRUSIVAS

Uno de los rasgos que resalta en el cuadrángulo de Limbani son las rocas plutónicas tales como el de Coasa, Limbani y Aricoma, que están dispuestos siguiendo una dirección andina, formando parte de un batolito en la Cordillera Oriental del Sureste del Perú representando el ascenso de un volumen considerable de magma a fines del Paleozoico.

Durante el Permo-Triásico en lo que es actualmente la Cordillera Oriental se produjo una actividad magmática importante que dio lugar a los plutones graníticos que se encuentran emplazadas dentro de las rocas paleozoicas, se les caracteriza como magmas subalcalinas asociados con los eventos tectónicos de distensión.

La historiaa geológica de esta área ha sido interpretada anteriormente por Newell (1949), Megard (1971), Laubacher (1978), Dalmayrac (1988).

Las edades estan asignadas a periodos geológicos usando la escala de tiempo de Harland (1982), y las edades fueron calculadas usando los valores constantes de decadencia y abundancia isotópica según Steiger y Jager (1977).

El magmatismo del Arco Principal, globalmente, fue casi continuo, desde el Triásico Tardío (Clark, 1976; Aguirre, 1983; Cobbing y Pitcher, 1983) al manto predominante y a la zona relacionada a la subducción (Stuard, 1975; Baranzani e Isaack, 1976; James, 1971); mientras que el magmatismo del Arco Interior fue episódico y periódicamente un dominio de fuente de la corteza (Kontak, 1983) y puede estar relacionada a los procesos de subducción.

En el área de estudio tenemos una secuencia Permo-Carbonífera, que comprende cuarcitas, lutitas y areniscas calcareas y calizas Grupo Ambo, Tarma y Copacabana, respectivamene, las cuales fueron depositados en una cuenca ensialica obteniendose volúmenes significativos. La sedimentación cesó en el Permiano medio durante el episodio de deformación del Herciniano Tardío (Megard, 1971) el cual causo moderado plegamiento no asociado con magmatismo. Depúes de esta deformación se manifiesta el volcanismo asociado con la sedimentación tipo molasa (Newell, 1953). La sedimentación del Grupo Mitu de edad Permo-Triásica (McLaughlin, 1924; Newell, 1953) fue restringida a cuencas limitadas por fallas, probablemente generadas como resultado de un tectonismo distensivo, a la vez que se producen emplazamiento de grandes volúmenes de magmas.

En la cordillera Carabaya Sandia, específicamente en el área de estudio se encuentran tres grandes intrusiones representado por el pluton de Coasa, localizado al extremo NO de la hoja, el pluton de Limbani, localizado al centro de la hoja y el Pluton de Aricona al Oeste de la Hoja.

En el Cenozoico tenemos también manifestaciones magmáticas de pequeños cuerpos intrusivos constituidos principalmente de microdioritas, localizados al NE de Crucero, denominados stock Santa Ana (Fig. N° 10).

Las rocas intrusivas son predominantemente granodioritas a biotitas y monzonitas en la Fig. N° 11; se observa un rango restringido en composición de una serie Calco alcalina según el diagrama AFM de Irver y Bargar (1971). Así mismo tenemos toda las series predominantemente son sub alcalinas en relación con la clasificación de Irver y Baragar (1971) Fig. N° 12.

Plutónico de Coasa

Este cuerpo plutónico es el más grande de la zona, no obstante en el cuadrángulo de Limbani solo se tiene una pequeña parte ubicada en el extremo NO del cuadrángulos, la mayor proporción de este se encuentra en los cuadrángulos de Esquena y Ayapata ocupando en total una extensión aproximada de 1300 Km².

El plutón de Coasa corta principalmente a la secuencia pizarrosa de la Formación Ananea.

Petrográficamente es un monzogranito holocristalino inequigranular de grano medio a grueso con biotitas pequeñas y algunas hornblendas con megacrístales de feldespato potásico, los cristales que se presenta estan fuertemente maclados, de color gris claro a blanquecino, sin embargo, existen variaciones en menor volumen de leucogranito a monzogranito con biotita - muscovita - cordierita.

En sección delgada se puede observar una textura granular hipidiomórfica, con cristales sub-anhedrales, con minerales esenciales de feldespatos, cuarzo y plagioclasas, minerales accesorios se tiene anfíboles, biotita, arcillas, albita, opacos etc. (Foto N° 41)

Su posición dentro de la secuencia paleozoica permite observar en un contacto sur que las estructuras de la roca caja tiene una orientación Este - Oeste mostrando un cambio en relación con la orientación que tienen más hacia el sur. Este cuerpo es rico en feldespato potásico. Una datación K-Ar de 207 Ma., obtenida por Stewart et-al 1974. Manifiesta también una perdida de Argón radiogénico probablemente debido a la tectónica andina del macizo (Laubacher 1977). Otras dataciones usando los métodos de K-Ar y Rb-Sr y U-Pb

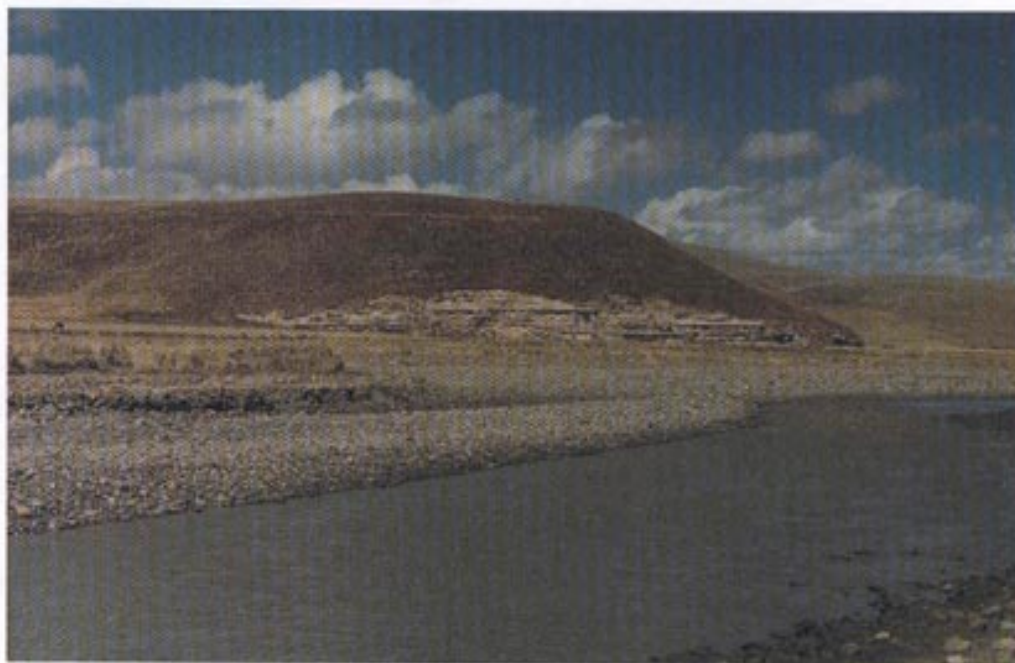
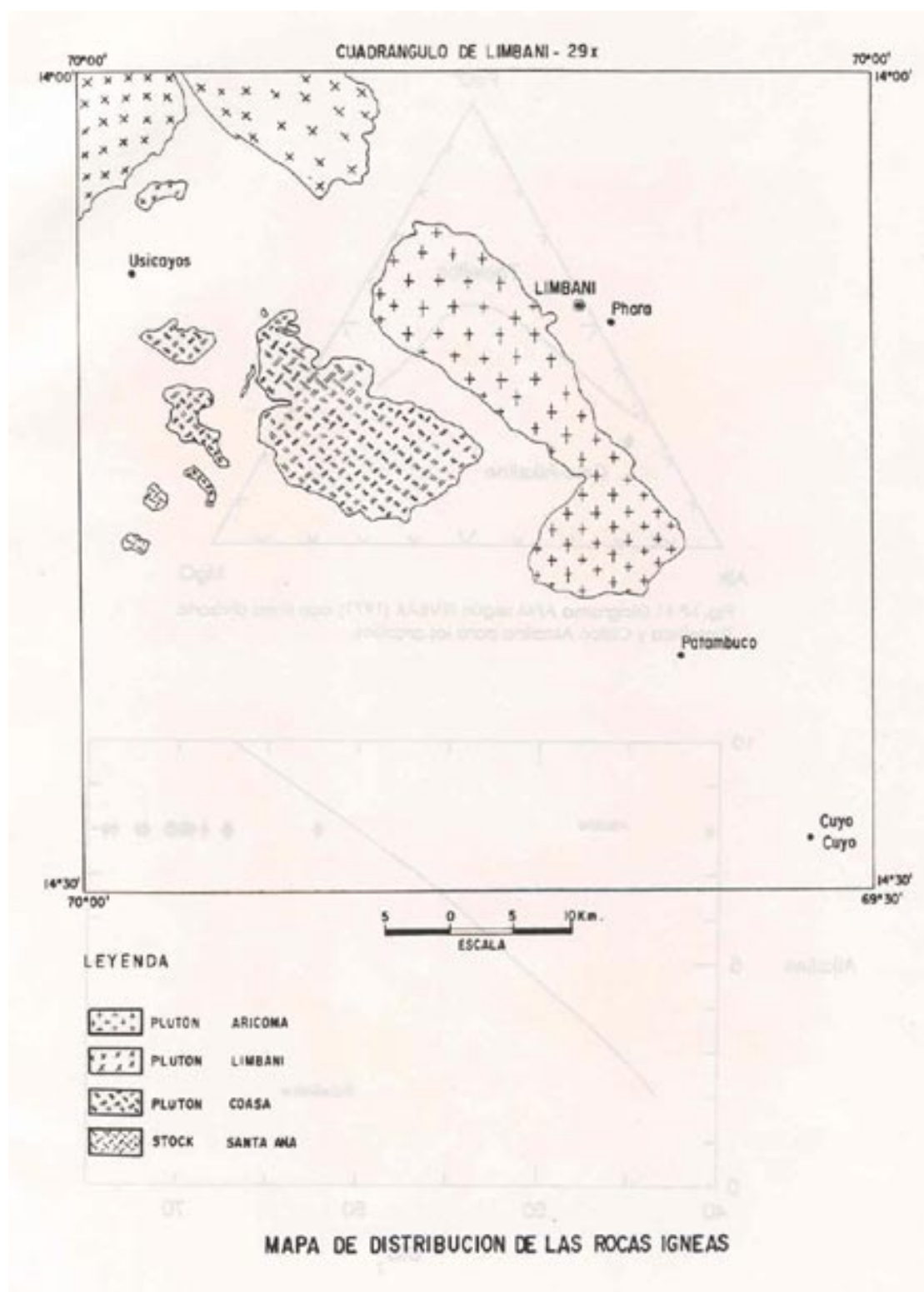
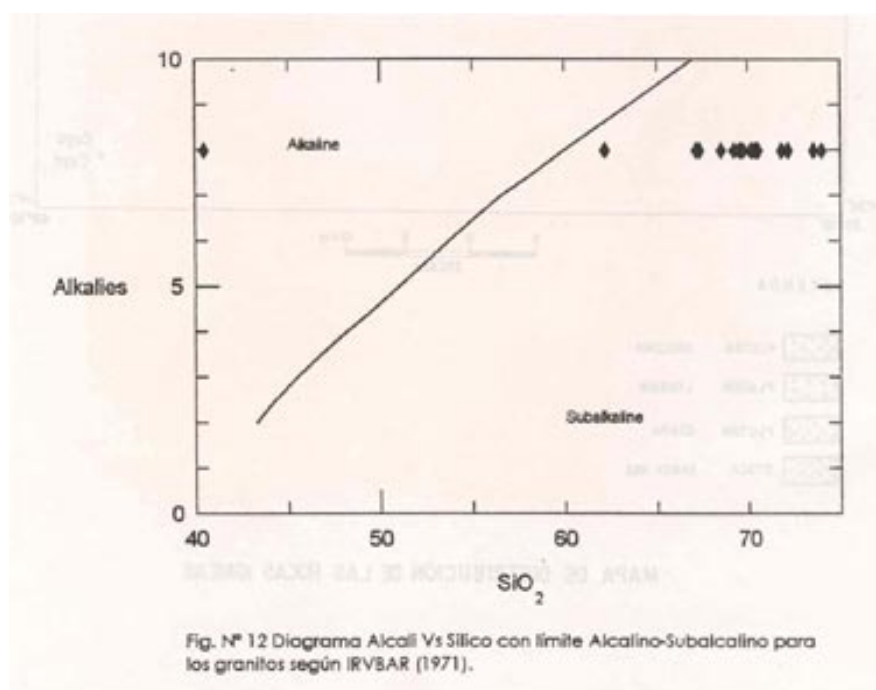
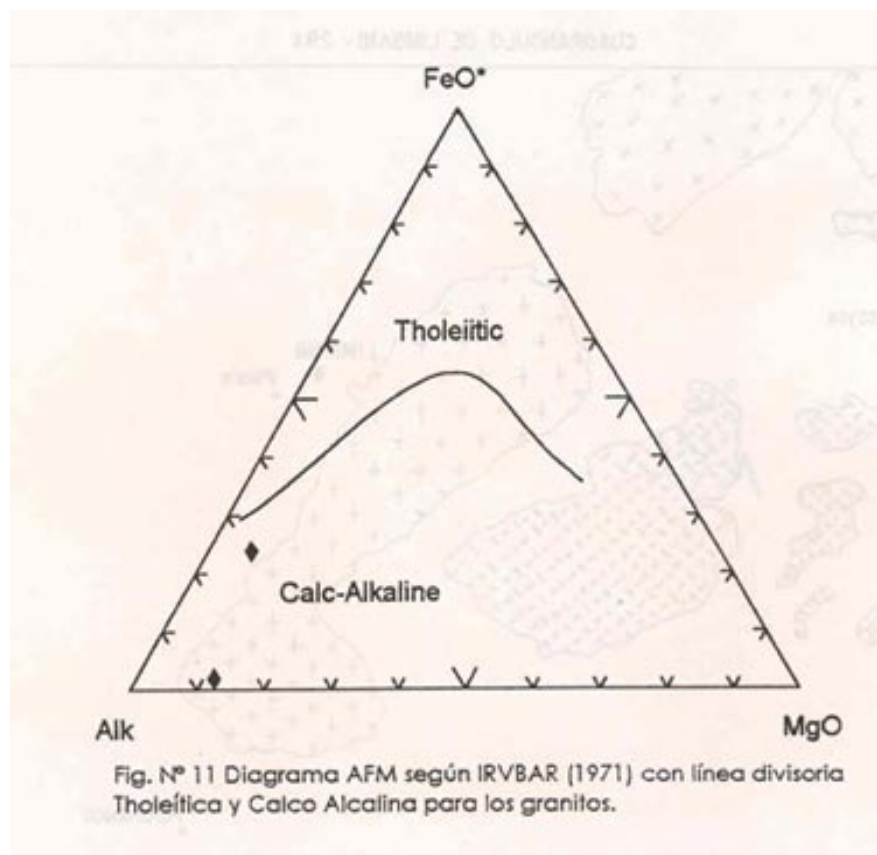


Foto N° 39. Secuencia sub horizontal de limos y diatomeas en capas delgadas de una coloración blanquecina, de los depósitos lacustrinos, margen izquierda del río Crucero.



Foto N° 40. Morrenas laterales cubriendo depósitos pre existentes, rellinando la depresión de Crucero Ananea.





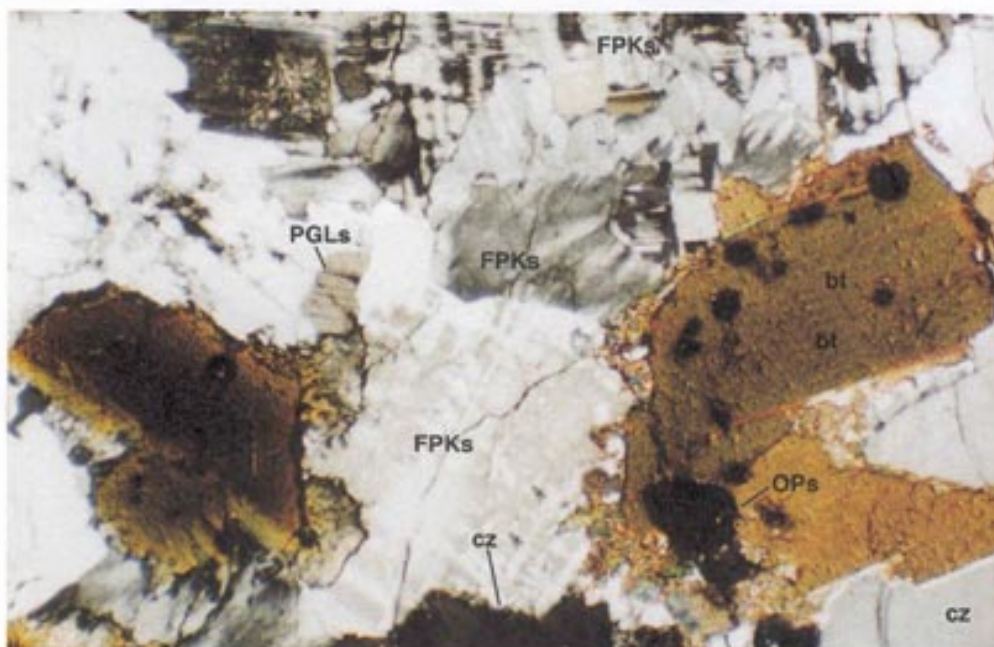


Foto N° 41. Sección delgada del monzogranito del Plutón de Coasa; se observa en nicoles cruzados y aumento de 75x, a cristales sub anhedrales de plagioclasas, cuarzo y opacos.

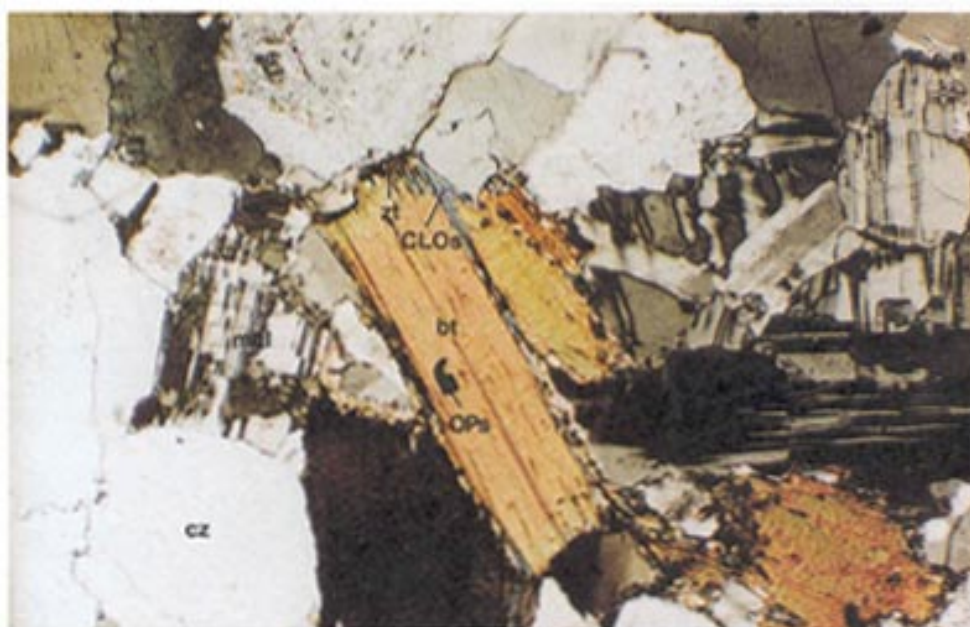


Foto N° 42. Sección delgada de la granodiorita del Plutón de Limbani; se observa en nicoles cruzados y aumento de 75x, a cristales de biotita, con bordes de cloritas, rutilo y opacos con inclusiones de cuarzo.

asignan un valor de 238 ± 11 Ma. (Lancelot et al. 1978). Que son interpretados como la edad de emplazamiento antes del Triásico alrededor de 220 a 230 Ma. (Kontak et. Al. 1990). En la parte norte del plutón se puede observar en contacto con el Grupo Tarma un exoskarn, rico en anfíbolita - epidota.

Plutón de Limbani

Es un cuerpo alargado que se emplaza siguiendo una dirección andina con una extensión aproximada de 100 a 150 Km², que consiste de granodiorita a biotita-muscovita y monzogranito de grano fino a medio con contenido de leucogranitos menores. De acuerdo a las observaciones de campo es uniforme en cuanto al tamaño de los granos y su composición.

Bajo el microscopio en nicols Xs con aumento de 75x, se observa una textura granular hipidiomorfa con cristales de biotita, con bordes de cloritas-rutilo y opacos con inclusiones de cz, los minerales esenciales son plagioclasas, cuarzo, feldespatos. Minerales accesorios tenemos biotita, cloritas, muscovita, sericita, anfíboles limonitas etc. (Foto N° 42).

En el área de estudio este cuerpo plutónico por lo general corta a la secuencia del Paleozoico inferior principalmente a la Formación Ananea (Foto N° 43) presentando una aureola de esquistos, en muchos casos formando hornfels. Esta aureola presenta una red muy densa de diaclasas y fracturas con direcciones de NO-SE y otras NE-SO, posiblemente ligadas a desgarres y cataclasis.

El plutónico de Limbani se le asigna una edad de 230 ± 10 Ma., valor que se ha obtenido utilizando el método de U-Pb (Lancelot y Laubacher), lo que nos da una edad de emplazamiento del plutón de Limbani en el Permiano superior.

Plutón Aricoma

Es un intrusivo de forma triangular asociado con otros pequeños cuerpos adyacentes, que en conjunto ocupan una área de 150 Km², (Foto N° 44), probablemente en profundidad esté relacionado al plutón de Limbani, muestra una gradación de granodiorita a monzogranito.

En textura es similar a las rocas de Coasa siendo de grano grueso y textura rapakivi. Los granitos de Aricoma contienen biotitas como única fase máfica mientras que la muscovita primaria no se observa.

A estos plutones se les caracteriza por la ilmenita y su fase de óxidos, por lo tanto corresponde a las series de ilmenitas de Ishihara (1977-1983).

Se observa granos euhedrales a subhedrales y las inclusiones libres sólo en cantidades trazas, excepto para raros cristales euhedrales de apatita.

En sección delgada se tiene a un cuarzo monzodiorita de textura granular hipidiomórfica, con minerales esenciales de plagioclasas, cuarzo, feldespatos y minerales accesorios de biotita, anfíboles, arcillas, sericita, opacos, cloritas, epidota, zircon etc. (Foto N° 45),

La edad que se asigna a este plutón usando los métodos de K-Ar es de 211 a 217 Ma (Kontak et al. En prensa). Dalmayrac et al. (1980) presenta en forma preliminar una edad de 234 ± 9 Ma. usando el método de U-Pb.

Este cuerpo plutónico despierta gran interés ya que presenta zonas con alteraciones hidrotermales, específicamente tenemos emplazada la mina Sarita, con ocurrencias de Cu-W-Mo-Sn, que están asociados con el batolito de Carabaya descritos por Robertson (1978), guerrero (1980), candiotti y guerrero (1983), y Kontak (1985).

Stock Santa Ana

Cuerpos intrusivos que se describen como microdioritas, se emplazan al NE de Cruceiro cerca de la mina Santa Ana y aledaño a la laguna Anjococha afectando principalmente a rocas del Paleozoico superior tales como Grupo Ambo, Grupo Tarma y Grupo Copacabana ((Foto N° 46), texturalmente presenta pequeños cristales de color verdusco además muestra una ligera cloritización, sericitización, débil argilitización y una incipiente epidotización.

En sección delgada se observa una textura granular hipidiomórfica, con minerales esenciales de plagioclasas y cuarzo, de igual manera minerales accesorios como cloritas, sericita, feldespatos, arcillas, carbonatos, opacos epidota, muscovita, rutilo, biotita etc. además presenta alteraciones de cloritización, sericitización de débil a moderada argilitización, carbonatación. Foto N° 47.

El aspecto que presenta es macizo con un fuerte diaclazamiento perpendicular, este cuerpo es importante ya que en áreas aledañas se ubican minas a las cuales se le atribuye su origen. Las zonas mineralizadas por lo general son polimetálicas, con presencia de chalcopirita pirita y en las calizas se observa galena y esfalerita.

La edad que se presume para estos cuerpos intrusivos es cretácica posiblemente entre 74.4 a 83.8 Ma. que es la edad de la mineralización de la mina Santa Ana.



Foto N° 43. Vista panorámica del Plutón de Limbani localizado en la margen derecha del río Limbani.



Foto N° 44. Vista panorámica del Plutón de Aricoma que corta a las pizarras de la Formación Ananea. Lugar cerro Colorado camino a Limbani.

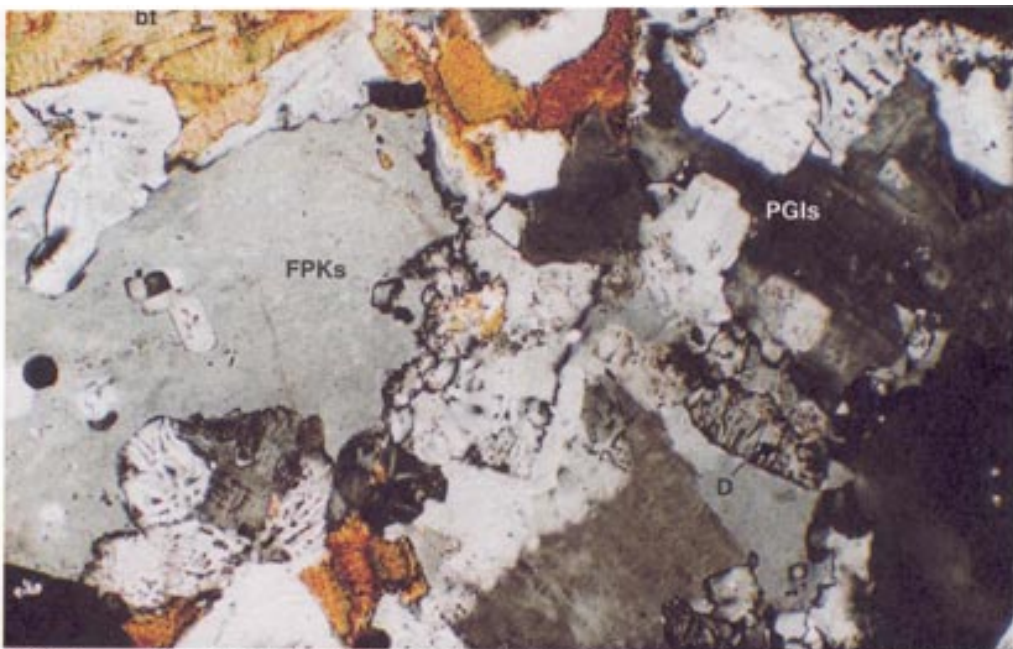


Foto N° 45. Vista de la sección delgada en nicols cruzados, aumento de 150x de una monzodiorita, se observa cristales subhedrales de plagioclasas, feldespatos, biotita. Se ve intercrecimiento mirmequítico de feldespatos en contacto con las plagioclasas.

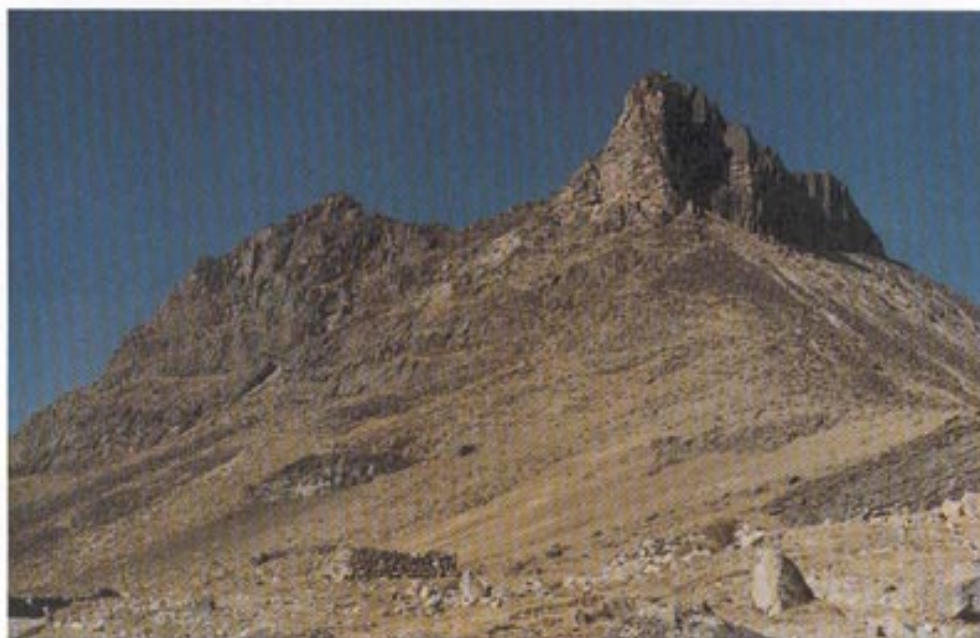


Foto N° 46. Vista del intrusivo microdiorítico Santa Ana que corta a la secuencia del Grupo Tarma ubicado en la mina del mismo nombre.

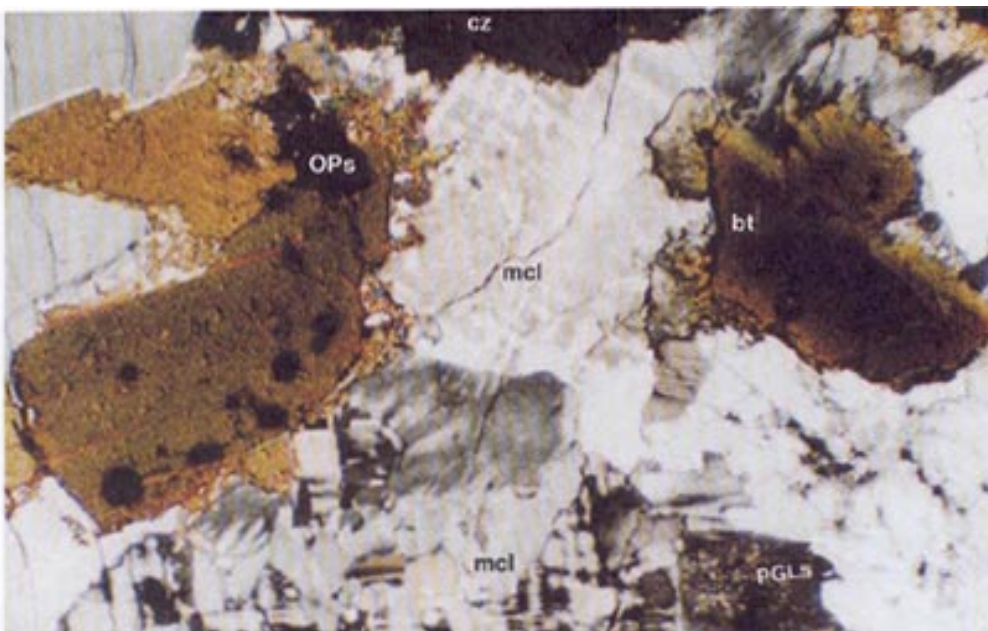


Foto N° 47. Sección delgada de una cuarzodiorita del stock Santa Ana, donde se observa los cristales subhedrales de cuarzo, feldespatos, plagioclasas alteradas a sericita y biotita con inclusiones de opacos.

GEOLOGIA ESTRUCTURAL

El desarrollo estructural en el área de estudio está íntimamente relacionado al ciclo evolutivo de la tectónica hercínica y tectónica andina; estos movimientos tectónicos han controlado la sedimentación y deformación de las unidades mayormente paleozoicas y consecuentemente mesozoicas las que evidencian una superposición de estas fases tectónicas.

De acuerdo a estas características se han determinado cuatro zonas estructurales en función del grado de deformación y el control estructural las que están íntimamente relacionadas a las fases tectónicas ocurridas a través del tiempo. (Fig. N° 13)

TECTONICA HERCINICA

FASE EOHERCINICA

Extendida ampliamente en la Cordillera Oriental y altiplano siendo catalogada como una fase de plegamiento intenso acompañado de fuerte fracturamiento y deformación, desarrollándose esfuerzos de naturaleza compresiva. La edad asumida para este evento tectónico es a finales del Devónico superior o Misisipiano basal marcando el paso del paleozoico inferior al paleozoico superior.

En el área en estudio las estructuras que evidencian a esta fase se sitúan hacia el extremo NE del área del cuadrángulo, desarrollándose en unidades del paleozoico inferior (Gpo. San José, Fms Sandia y Ananea), varias fases deformativas dando lugar a cierto grado de foliación paralelo y sub paralelo a la estratificación acompañado de un metamorfismo epizonal, observada a 1.5 Kms. al NE de la localidad de Jatuntiana, y en el Norte en las proximidades a la localidad de Minoni; igualmente ligada a esta deformación se tienen anticlinales, sinclinales tumbados y apretados simétricos observados en el tramo Patambuco-Cañiputo; fallamientos de tipo inverso son reconocidos al NE del cuadrángulo pasando por las localidades de Corcora, Chanjoromani y en la ruta Cuyo Cuyo-Sandia.

En la ruta de Patambuco Cañiputo en la Formación Sandia se puede observar estructuras en Kind Bands ó pliegues milimétricos en chevron (Foto N° 48), como consecuencia de una tectónica compresiva.

FASE TARDIHERCINICA

De características similares a la fase Eohercínica pero de menor intensidad y de menor extensión.

La edad de este evento tectónico se da a fines del Pérmico inferior.

Las características de las estructuras formadas en esta fase compresional corresponden a un nivel medio a superior (Mattaueer 1976) evidenciándose en las unidades carboníferas y permianas (Gpos. Ambo Tarma y Copacabana) situados mayormente al NO del cuadrángulo de Limbani; Al SO de Sallaconi se reconoce un anticlinal echado limitado por una falla inversa que sobrepone al Grupo Ambo sobre el Grupo Copacabana, igualmente en la margen izquierda del río Usicayos se puede observar una falla inversa que pone en contacto la Formación Ananea contra el Grupo Ambo (Foto N° 49) ; al O de la Laguna Cocaña Cocha también es reconocida una falla inversa donde unidades del Grupo Tarma suprayacen al Grupo Ambo.

Al Norte de Usicayos estructuras desarrolladas por esta tectónica han sido afectadas por una torsión y echadas hacia el Sur como consecuencia de la megavirgación de Macusani y que se extiende hacia la hoja de Limbani, esta estructura por lo general afecta a las rocas del paleozoico superior.

DEFORMACION POST - PERMIANA

Esta denominación se da a una deformación distensiva dando como resultado bloques hundidos y levantados (Tectónica cassante de Laubacher, G. y Marocco, R. 1975)

Se caracteriza por presentar un fallamiento normal y sinistral vertical que afecta a las rocas del paleozoico inferior como del superior, las que en algunos casos han sido reactivadas.

En esta fase se produce también un intenso magmatismo a lo largo de un sistema de fallas de dirección NO - SE.

Los grandes fallamientos que dieron bloques hundidos en muchos casos sirvieron como cuencas de depósito a las secuencias cretácicas.

Al parecer la depresión de Crucero - Ananea, se empezó a formar en esta fase tectónica, desarrollándose plenamente en la tectónica andina.

Esta deformación tectónica podría considerarse como parte de los últimos episodios de la tectónica hercínica considerada por muchos como Finihercínica.



Foto N° 48. Vista de micropliegue en chevrón de la Formación Sandia, se localiza en el trayecto Patambuco-Catipulo.

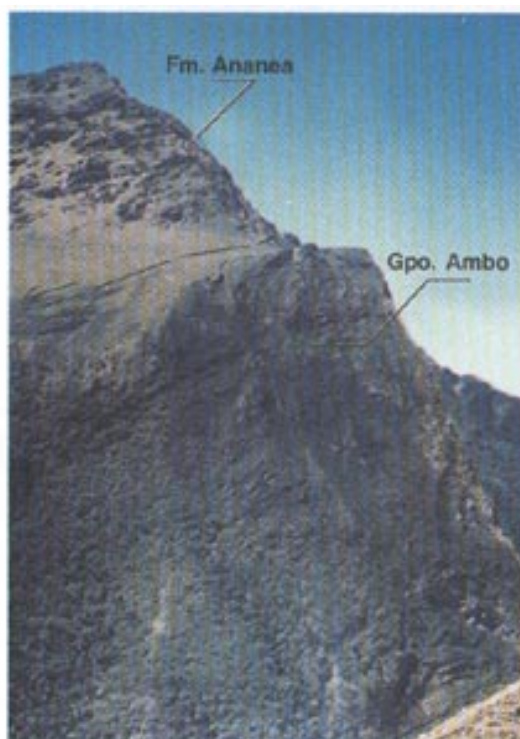


Foto N° 49. Falla inversa del Grupo Ambo con la Formación Ananea. Se ubica en la margen izquierda del río Uscayos.

TECTONICA ANDINA

El tectonismo andino se inicia en el cretáceo terminal empezandose a levantar los andes peruanos, dando como resultado la deformación de las rocas mezozoicas y cenozoicas, así como un intenso magmatismo manifestado por intrusivos plutónicos y mayormente un intenso vulcanismo íntimamente relacionado a los pulsos distensivos de las fases compresivas Quechuanas.

Se inicia con un cambio de sedimentación de marino a continental.

FASE PERUANA

Se evidencia tanto por la discordancia angular de la secuencia Cretácica de la Formación Huancane y el Grupo Moho, con las capas rojas de la Formación Arco Aja, como por la deformación que se manifiesta en pliegues suaves y amplios, así como un fallamiento normal que se pone en contacto estas sedimentitas con las sedimentitas Paleozoicas.

En esta fase muy probablemente se inicia la formación de la depresión de Crucero - Ananea, la cual se desarrollaría en su máxima expresión en el Eo - mioceno.

SUB-FASE QUECHUA II

Esta sub-fase es la causante en forma definitiva de la depresión de Crucero Ananea que tuvo lugar durante el Mioceno terminal, la que reactiva fallas antiguas profundas.

Hacia el sur de la hoja en las proximidades a las localidades de Altarani, Ticani, Cañupata y otros, se evidencia una plataforma volcánica de naturaleza ácida constituida de flujos piroclásticos (ignimbritas y tobas) que forman grandes mesetas. Estos flujos piroclásticos están íntimamente relacionados a esta sub-fase como consecuencia de la reactivación de fallas hercínicas. Muy próximas a la depresión de Crucero-Ananea se tiene una serie de diques andesíticos que cortan a la Formación Ananea, que siguen y se alinean en dirección Andina, los que muy probablemente se encuentren asociados a esta tectónica de naturales distensiva.

SUB-FASE QUECHUA III

Se caracteriza por movimientos epirogenéticos que se reflejarían en la formación de las capas rojas de la Formación Arco Aja, que estarían asociados a esta sub-fase, que indican todavía un levantamiento de los Andes del Sur.

ZONAS ESTRUCTURALES

Se han podido reconocer en la hoja de Limbani tres megaestructuras de amplitud regional, los que se proyectan por decenas hasta centena de kilómetros. Estas estructuras en forma de bloques siguen el rumbo andino NO-SE y se les denomina como bloque de Cruce-ro-Ananea, bloque de Carabaya-Sandia y Bloque de Huayrapata Usicayos (Fig. N° 14) .

A. BLOQUE DE CRUCERO-ANANEA

Esta denominación se le da a una gran depresión ubicada en el sector ESE del área la que empezó a formarse en la tectónica finihercínica, desarrollándose plenamente en la tectónica Inca a fines del Eoceno y comienzos del Mioceno.

Se encuentra limitada hacia el NNE por el Bloque de Carabaya-Sandia y por el sur con el Bloque de Huayrapata. Los límites de estos bloques lo constituyen fallas normales profundas, cuyas trazas se encuentran cubiertas por rocas neógenas y mayormente por una gruesa cobertura de depósitos aluviales y depósitos lagunares. El basamento de esta depresión es muy probable que se encuentre conformado por rocas sedimentitas paleozoicas .

B. BLOQUE DE CARABAYA-SANDIA

Este bloque se ubica hacia el lado nororiental de la hoja, ocupando la mayor superficie del área, más del 60%, siguiendo una dirección aproximada de N 45°O.

Esta estructura se prolonga a los cuadrángulos vecinos por el Norte a la hoja de Esquena y por el Sur a las hojas de Putina y Rinconada.

Se encuentra constituida por rocas principalmente paleozoicas compuestas por el Grupo San José, y las formaciones Sandia, Ananea, existiendo también grandes afloramientos de plutones graníticos los que se emplazan próximos a las localidades de Limbani, norte de la laguna de Aricoma y al norte de Usicayos; surgen como resultado de esfuerzos direccionales e intensa fracturación post-herciniana durante el Permiano Superior.

Estos plutones se encuentran intruyendo a la secuencia paleozoica provocando en las rocas circundantes cierto grado de metamorfismo de contacto. Estos cuerpos ígneos se encuentran diaclasados y fallados sin presentar mayor grado de deformación.

Las unidades paleozoicas que conforman esta megaestructura se halla fuertemente plegada, teniendo los ejes de los pliegues un buzamiento preferencial hacia el NE.

Estos plegamientos son de recorrido kilométrico y de flancos moderados, invirtiéndose en la mayoría de los casos, como en el C° Chancani, donde la Formación Sandia se encuentra constituyendo un anticlinal tumbado y a la vez es el núcleo de un gran sinclinal constituido por la Formación Sandia. Igualmente, en los cerros Surayoi y Japai Loma se tiene la Formación Sandia constituyendo anticlinales volcados.

La dirección predominante de los pliegues es N 45°0, manteniéndose constante en todo su recorrido.

Las fallas longitudinales son numerosas, siendo su rumbo paralelo a los pliegues; son de extensión regional y limitan en muchos casos los flancos de los pliegues, poniendo en contacto mediante fallas inversas al Grupo San José y la Formación Sandia, así como también Sandia con Ananea.

También se presenta un juego menor de fallas normales de poco recorrido con un rumbo hacia NE. La falla más conspicua y de mayor recorrido es la falla inversa que pasa por el río Usicayos la que pone en contacto rocas de la Formación con el Grupo Ambo, la misma que limita bloques.

C. BLOQUES DE HUAYRAPATA - USICAYOS

Estos bloques se halla hacia el lado Occidental de la haza encontrándose a manera de pilares con respecto a la depresión de Crucero-Ananea.

El bloque de Usicayos en sus extremos NNE se encuentra limitados por un fallas inversas y normales Finihercinianas, reactivadas en la Tectónica Andina.

Se caracteriza este bloque por estar constituido por rocas Paleozoicas de los grupos Ambo, Tarma, Copacabana y Mitu, mientras que el bloque que se encuentra al Sur de la depresión de Crucero-Ananea lo constituyen también igualmente rocas paleozoicas, mesozoicas y cenozoicas de las Formaciones Huancané, Picotani y Arco Aja.

Presentan pliegues de corto recorrido teniendo sus flancos buzamientos suaves, igualmente se presentan pliegues tumbados, tal es el caso del sinclinal Huila Chojolla el que se truncado por una falla.

Las fallas al igual que los pliegues son de corto recorrido siendo las de mayor recorrido las que limitan los bloques, presentan una tendencia NO- SE mientras que las fallas inversa tienen un rumbo de Este Oeste.

GEOLOGIA ECONOMICA

INTRODUCCION

En la parte Norte del departamento de Puno, donde se encuentra el cuadrángulo de Limbani, ha existido actividad minera desde la época de los Incas, tal vez antes. Pero es recién en este siglo que se han hecho estudios geológicos y evaluativos de varias ocurrencias de minerales de interés económico.

Dentro de los trabajos del levantamiento geológico sistemático que realiza el INGEMMET, se consideró también realizar una evaluación de recursos minerales a escala regional.

Para tal fin, en 1995 se realizaron los trabajos de gabinete y de campo. Los trabajos de campo, consistieron en hacer una prospección geoquímica regional de sedimentos de quebrada, paralelamente se hizo una recopilación de toda actividad minera metálica y no-metálica, ya sea en actividad o paralizada.

Se espera que esta información contribuya a conocer mejor la geología minera de esta región y sirva para que las compañías mineras puedan planificar su actividad de exploración.

Minerales Metálicos

Los minerales metálicos en este cuadrángulo, son de amplia distribución y de diferentes composiciones.

Existen yacimientos cuya explotación está mayormente paralizada. La actividad minera, se le puede ubicar en el rango de la pequeña minería, salvo la mina Cecília, que fue explotada a mediana escala.

Actualmente al amparo de los últimos dispositivos legales para la promoción minera, varias compañías tanto peruanas como extranjeras, están explorando el área preferentemente por oro.

Distribución regional de la mineralización metálica

La mineralización metálica se encuentra ampliamente distribuidas, pudiendo considerarse que está dentro de la proyección de yacimientos polimetálicos que se extiende desde Argentina y Bolivia.

Los resultados geoquímicos nos ayudan a comprender como se distribuye la mineralización metálica.

Relación litológica y estratigráfica

La mineralización en el cuadrángulo de Limbani, está relacionado a una serie de eventos geológicos que han ocurrido a lo largo de la evolución de la Cordillera de los Andes. Así tenemos:

1. En el cuadrángulo se encuentran yacimientos emplazados en rocas del Paleozoico inferior pertenecientes al Grupo San José y las formaciones Sandia y Ananea; estos son mayormente filones cuarcíferos con oro, que cortan cuarcitas, pizarras, cuarcitas y limolitas.
2. Los Grupos Ambo, Tarma, Copacabana y Mitu del Paleozoico superior, lo constituyen mayormente cuarcitas, areniscas feldespáticas, lutitas, calizas fosilíferas, margas, areniscas arcósicas, conglomerados poligénicos; en ellos se han emplazado filones con mineralización de zinc, plomo, plata y cobre.
3. Rocas del Cretáceo como areniscas, limolitas grises y calizas margosas de la Formación Huancané y Grupo Moho respectivamente, también acoge mineralización en filones de metales base.
4. Los intrusivos que conforman los batolitos de Aricoma, Limbani y Coasa, también contienen en mayor o menor grado mineralización de cobre, estaño y tungsteno. Esta, se encuentra diseminada, en filones o en cuerpos.
5. Los depósitos aluviales, lacustrinos y morrénicos del Cuaternario contienen placeres auríferos.

Control estructural

En la región que ocupa el cuadrángulo de Limbani, aflora la cadena Hercínica de manera continua a escala regional. El subsuelo de la cadena Andina, está formado por los restos de una cadena montañosa formada durante la tectónica Herciniana.

En el SE del Perú, los depósitos de la cuenca del Paleozoico han sido deformados por dos fases principales:

- Una fase Eoherciniana, cuya edad es asignada al Devoniano, la cual ha sido puesta en evidencia por la discordancia angular entre las rocas plegadas y foliadas formadas durante el Paleozoico inferior. En el cuadrángulo de Limbani, dicha discordancia no se aprecia, pudiéndose tratar de una paraconcordancia (con tacto entre la Formación Ananea y Grupo Ambo).
- Una fase Tardiherciniana del Permiano, puesto en evidencia por la discordancia entre los terrenos plegados del Permo - Carbonífero (Grupos Ambo, Tarma y Copacabana) y su cobertura Permo - Triásica (Grupo Mitu).

En el caso de las minas Sarita y Jinchune, los sedimentos en los bordes Este y Oeste del intrusivo, están plegados formando sinclinales. Las fallas mayores tienen rumbo NNW. La mineralización dentro del intrusivo presenta dos sistemas de fracturas, una N-S y otra hacia el E.

En las minas Casa de Plata, Lucila del Inca, San Luis, la estratificación buza hacia el Este; presentando dos fallas inversas paralelas con rumbo N-S. Relacionadas a las fallas inversas se encuentran fallas normales con rumbos NE.

La zona de las minas Nicaragua, Cecilia, Princesa, se encuentran dentro del sinclinatorio de Putina. Los sedimentos plegados, tienen una dirección NW. Se aprecia un intenso fracturamiento con fallas de rumbo NW y NNW.

Los filones auríferos ubicados en el sector NE del cuadrángulo, no tienen una orientación definida, pero se puede decir que existe una tendencia hacia el NE con buzamientos al SE.

Descripción de las principales ocurrencias de minerales Metálicos

En el cuadrángulo de Limbani existen varias minas que fueron trabajadas en el pasado, igualmente se encuentran numerosos cateos, lo que indica que la región siempre fue interesante para la búsqueda de nuevos yacimientos.

A continuación se hace una descripción de las principales ocurrencias de minerales en este cuadrángulo:

CASA DE PLATA (Pb,Zn,Ag)

Se ubica en el paraje Llulluchani del distrito de Crucero, entre 4,400 y 4,800 msnm en la divisoria de Cordillera de Carabaya. Entre las coordenadas:

84257 N
3931 E

Las rocas predominantes son areniscas del Grupo Tarma y depósitos recientes de origen fluvio glacial. En este sector no se observan rocas ígneas.

Esta mina consiste en dos vetas, con rumbo NW-SE, y buzamiento variado al NE, en su recorrido se unen y se vuelven a separar repetidas veces. La longitud total de sus afloramientos es cerca de 2,000 m. Las vetas están cortadas por fallas transversales.

El grosor de las vetas entre los diferentes tramos varía de 0.30 a 0.80 m.

Los sulfuros existentes son galena argentífera, esfalerita, chalcopirita, pirita. Como ganga cuarzo, calcita, barita, cerusita, limonita, psilomelano.

Las leyes promedio son Ag = 576.3 g/T y 9.5 Pb%

Se estima reservas por el orden de 17,300 TM

LUCILA DEL INCA N°3 (Pb,Ag,Cu)

84272 N
3933 E

Este yacimiento es la prolongación al Norte de las vetas de Casa de Plata.

Donde se encuentra Lucila del Inca N°3, afloran areniscas grises del grupo Tarma, estas con rumbo N80°E buzando 12°S.

El yacimiento está constituido por vetas, donde se observa aumento del contenido de chalcopirita hacia al Norte. Las vetas se desplazan en tramos cortos debido a fallas normales. En si, son cuatro estructuras mineralizadas con rumbo NW-SE y buzamiento al E. La mineralización es bien irregular con valores erráticos.

Los minerales presentes son chalcopirita, galena, pirita, especularita, óxidos de cobre y hierro, ganga de cuarzo.

La veta más larga tiene una longitud de 530 m. y la potencia promedio es de 0.80 m.

Las leyes son Pb=3.98%, Cu=0.28%, Ag=94gr/T. No se puede estimar reservas porque la mineralización es pobre, salvo algunos tramos con bonanza de plata, pero estos se diluyen al hacer los cálculos evaluativos, lo que hace no rentable la operación minera.

SAN LUIS N°1 (Cu,Pb,Zn,Ag)

84281 N

3939 E

La mina San Luis N°1, se encuentra ubicado en el paraje Punihuasi en el distrito de Usicayos. Está constituido por varias estructuras mineralizadas, emplazadas en areniscas decapas gruesos, teniendo estas areniscas rumbos de NNW y buzan 6° al W. Las vetas más conspicuas son cuatro, no teniendo gran recorrido, su rumbo es al SE con buzamientos hacia el E, los grosores son variadas y están en el rango de 1 m.

La mineralización está conformada por chalcopirita, galena, esfalerita, la ganga la conforman la piritita, calcita, cuarzo.

Las leyes representativas son Ag=89gr/T, Pb=2,43%, Cu=1.88%

El yacimiento no ofrece condiciones favorables para una operación minera, debido a que sus estructuras son de poco recorrido, las leyes son pobres con valores erráticos de plomo y cobre, tanto horizontalmente como vertical.

NICARAGUA (Pb,Ag)

Se encuentra ubicada en el paraje Minas Cunca, distrito de Potoni a 4,450 msnm. Entre las coordenadas UTM:

84048 N

3927 E

La geología del área esta representada por calizas de color gris clara, estas estan intercaladas con areniscas y lutitas en estratos delgados. Existen también conglomerados compuestos de fragmentos de caliza unidas por un cemento calcáreo. Estas rocas se le consideran que pertenecen al grupo Copacabana del Permiano.

No se ha observado cerca rocas intrusivas.

El yacimiento consta de estructuras mineralizadas, estas estructuras son dos con rumbos promedios de N 14° W y buzamientos de 2° a 25° al Este. La longitud reconocida es de 160 m. con potencias que varían de 15 a 80 cm.

El relleno de de estas estructuras está constituido por galena argentífera, esfalerita, la ganga la dá el cuarzo, marcasita, pirita, limonitas, y calcita.

Se estima reservas de mineral probado - probable de 14,050 TM, con leyes de Ag=27.12gr/T y Pb=17.6%.

CECILIA (Ag,Pb,Zn)

83968 N
4094 E

La mina Cecilia está ubicada en el paraje Minastira, distrito de Muñani, a una altitud de 4,500 msnm.

Regionalmente la mina Cecilia se ubica en el sinclinorio de Putina, en la parte Nor Oriental del Altiplano. Las rocas que se observan en el área son sedimentarias pertenecientes a los grupos Ambo, Tarma y Copacabana. Se observan numerosa fallas y diaclasas, las fallas presentan diferentes direcciones; el diaclasamiento es intenso en las rocas, produciendo espacios permeables para alojar la mineralización.

Se han reconocido tres tipos de emplazamiento de la mineralización: en vetas, en cuerpos y en mantos.

Las vetas tienen como rumbo promedio N 50° W y buzamientos al Este. La veta más larga tiene unos 180 m. de longitud, siendo su grosor promedio de 0.20 a 1.50 m.

En las vetas la mena esta constituido por esfalerita,galena, la ganga por pirita, cuarzo y marcasita.

Los cuerpos normalmente estan delimitados por la unión de las vetas, son de forma irregular, la mayoría fueron descubiertos en los trabajos de desarrollos mineros. Los minerales son iguales que los de las vetas. El tectonismo, jugó un papel muy importante en la mineralización de los cuerpos de relleno como en los cuerpos de reemplazamiento. La roca huesped favorable ha sido las areniscas del grupo Ambo y Tarma que varía a arenisca calcárea. Se encuentran en la mina Cecilia tres mantos principales, estos tienen las mismas características geológicas de los cuerpos. Normalmente presentan un rumbo al SW y buzamiento al Norte, su grosor varían de 1 a 1.5 m. La mineralización de los mantos está recepcionada en areniscas intercaladas con lutitas carbonosas. La alteración observada en la roca huesped es cloritización y piritización; y es en la caliza cloritizada donde ha dado las mayores concentraciones de mena. La mineralización es semejante a las vetas y los cuerpos.

En 1985, se ha cubicado 838,530 TM con leyes de Ag=59.2 g/T, Pb=2.48%, y Zn=6.16%.

PRINCESA (Ag,Pb,Zn)

83981 N
3972 E

La mina Princesa está ubicada en el paraje de Yanaccacca, distrito de Azángaro a 4,200 msnm.

Las rocas en esta área, están compuestas por areniscas, calizas silíceas grises y lutitas de color rojo.

La mineralización está en vetas y también diseminada en brechas, estas constituyen la caja techo de las vetas.

Los minerales ocurrentes en la veta principal consisten en galena, esfalerita, pirita, cerusita, óxidos de hierro.

Las reservas de mineral probado - probable de la veta Princesa alcanzan a 13,000 TM, con leyes promedios de Pb=13.86%, Zn=0.36%, Ag=320.5 g/T.

SANTA ROSA DE CHAIPICOCHA (Cu,Pb,Ag)

84029 N
4225 E

Se encuentra en el distrito de Patambuco a 4,500 msnm.

En el área afloran rocas metamórficas del tipo pizarra color oscuro con rumbo N30°E y buzamiento 50°SE.

El yacimiento es relleno de fracturas, consta de varias vetas, la principal tiene un rumbo de NE con buzamiento al SE, el grosor promedio es de 0.70 cm. No se pudo apreciar su longitud total.

Los minerales observados fueron chalcopirita, galena, pirita, pirrotita y cuarzo.

Una muestra tomada en cancha da los siguientes valores:

Cu=1.52%, Pb=0.40%, Ag=10.2 g/T.

SARITA (Cu,Ag,Sn,WO₃)

84293 N

4069 E

Este yacimiento está ubicado en el paraje de Ocoroque, distrito de Crucero, a una altitud de 4,600 msnm.

El área mineralizada, está íntegramente dentro de rocas intrusivas. Este intrusivo, es un stock de dimensiones batolíticas, predominantemente es una granodiorita; estudios realizados le asignan una edad 230 m.a. Las rocas que contienen la mineralización, son: monzonita cuarcífera, monzodiorita, diorita cuarcífera y la granodiorita.

Existen diques angostos de andesita clorítica con piritita diseminada y venillas de cuarzo.

La roca se encuentra alterada hidrotermalmente, tal como sericitización moderada a fuerte, cloritización y argilitización.

La mineralización se relaciona a la cloritización y la chalcopirita se encuentra reemplazando a la biotita y clorita.

Dos sistemas de fracturas con rumbo N-S y NE a NW, cruzan el área mineralizada.

El yacimiento está morfológicamente representado por cuerpos tabulares con presencia de minerales de cobre diseminado principalmente.

Las leyes del mineral probado - probable es: Cu=2.33%, Ag=12gr/T Sn=0.07%, WO₃=0.59%.

Las reservas probables - probadas calculadas en 8 cuerpos mineralizados están por el orden de 307,370 TM.

JINCHUNE (Cu,Ag,Sn,WO₃)

84290 N

4073 E

Este yacimiento es vecino de la mina Sarita, con los que tiene las mismas características geológicas y mineralógicas.

El yacimiento está muy poco explorado, solo superficialmente, no tiene labores mineras.

Está constituido por una veta angosta que arroja buenas leyes y tres cuerpos mineralizados. Estos cuerpos afloran en unos 50 m. pudiendo tener direcciones de NW a NS, su grosor llega a 9 m.

El área está muy poco explorada, pero presenta características favorables para encontrar nuevas estructuras.

Las leyes estimadas son: Cu=1.8%, Ag=21.95gr/T, Sn=0.18%.

Las reservas probadas a probables son de 13,370 T.

No se determinó reservas de mineral.

SALVADOR DE CARCEL PUNCO (Au)

84463 N

4294 E

Se ubica en el cerro y paraje Cárcel Punco en el distrito de Limbani, a 3,500 msnm.

Las rocas aflorantes son pizarras, cuarcitas y lutitas de color gris a negro, cubiertos por material semi consolidado.

Se han localizado tres pequeñas fracturas, de las cuales dos son vetillas de cuarzo que discurren paralelamente a la estructura principal. Estas vetillas tienen afloramientos máximo de 20 m. y su grosor varía de 1 a 8 cm.

La mineralización está constituida por diseminaciones de piritita dentro de una matriz de cuarzo masivo; se ha observado algunas partículas de oro libre dentro del cuarzo, pero en forma esporádica.

Las cajas son definidas y presentan alteración hidrotermal consistente en silicificación.

El muestreo arroja leyes que máximo llegan a 1gAu/t.

Dado al poco grado de reconocimiento y las leyes marginales, no se pueden estimar reservas económicas de mineral.

SEÑOR DE CCAPAZO (Au)

84413 N

4405 E

La mina Señor de Ccapazo, está ubicada en el paraje Challuma, distrito de Phara, a 1,500 msnm.

En el área de la mina afloran pizarras carbonosas cubiertas de material arcilloso y densa vegetación.

Se observan dos sistemas de filones cuarcíferos con grosores fluctuantes entre 30 a 60 cm. Los filones están constituidos por cuarzo lechoso, con ocurrencias de pirita, arsenopirita, teniendo como caja pizarras negras. No es posible distinguir el oro en estado libre.

En los trabajos mineros anteriores, se han obtenido muestras que arrojan valores variables, entre 7 a 8 grAu/TM.

En el muestreo indicativo en filones cuarcíferos actualmente expuestos dió resultados entre 4.1 a 6.8g/T.

Las evidencias aportadas por las labores actualmente accesibles y eliminado de los probables lentes ricos inferidos en ellos, determinan en las condiciones existentes la ausencia de reservas minerales.

SANTA ROSA DE PATAMBUCO (Ag,Pb)

841212 N
42660 E

Se encuentra localizada en el paraje de Punayllu, distrito de Patambuco, sobre los 4,500 m.s.n.m..

La mineralización de Ag,Pb,Cu se encuentran en vetas emplazadas en pizarras gris oscuras; se han diferenciado cuatro estructuras mineralizadas de las cuales dos son las principales con un rumbo promedio de N55°E y bz.40°SE.

La mineralización esta constituida por diseminaciones de chalcopirita, galena argentífera en ganga de pirrotita, pirita masiva y cuarzo; según datos químicos la ley para esta mina es de 0.3Oz/Tc Ag, 1.52%Cu y 0.40%Pb.

PILCO DEL INCA (Cu,Ag)

842771 N
39325 E

Este yacimiento se encuentra ubicado en los cerros Pilco y el paraje Urinsaya, distrito de Crucero a una altitud de 4,800 m.s.n.m..

Geológicamente en el área afloran dacitas y riodacitas en forma de capas como consecuencia de los derrames volcánicos, también afloran localmente pizarras cubiertas mayormente con material coluvial. La estructura mineralizada esta constituida por una veta de rumbo N37-53° y bz.80°SO con una longitud aflorante de 1300 mts y un ancho de 1.20 mts.; la veta está constituida por chalcopirita diseminada, malaquita y azurita de presencia escasa, como minerales de mena; cuarzo, baritina, hematita, limonita como minerales de ganga. La ley estimada según reportes del Banco Minero es 79% Cu, 1.1oz/TcAg.

MILAGRO DE CHANCHARANI (Pb,Zn,Ag)

842218 N

41555 E

Ubicada en el paraje Salluyo, distrito de Crucero a una altitud de 4,800 m.s.n.m..

Geologicamente aflora una roca plutónica (granodiorítica); el yacimiento esta conformada por una veta principal que tiene una longitud de afloramiento de 300 mts. y un ancho de 0.40 m.; el rumbo promedio de esta estructura es de E-O con buzamiento casi vertical hacia el Norte.

La mineralización de mena esta dada por chalcopirita, galena, esfalerita y cuarzo como mineral de ganga. Las leyes reportadas según datos analíticos es de 29.4%Pb, 10.1%Zn, 21.2oz/TcAg.

BOTARICA (Pb)

842600 N

39330 E

La mina se encuentra ubicada en el cerro Sombrero Rumi, parajes de Tambopata-Silucucho, distrito de Crucero a una altura 4,800m.s.n.m..

En el área afloran areniscas grises y lutitas arenosas con calizas del Grupo Tarma. El yacimiento esta constituido por una estructura mineralizada de rumbo N10°O, bz. 80-90°NE y de 10 cms de ancho. La mineralización esta compuesta por bolsones aislados de galena, considerado como mineral de mena y algo de cerusita con arcilla. La roca caja meteorizada no contiene cuarzo ni oxidos de fierro.

JUAN PEPE MANUEL (Cu,Ag,Au)

840955 N

42067 E

Este yacimiento se encuentra ubicado en el flanco norte de la cordillera del Carabaya en los parajes de Laramani y Perla Lipiña a una altura 4,300 m.s.n.m..

Litologicamente en el área afloran pizarras grises (Fm. Ananea). El yacimiento esta constituido por varias fracturas paralelas y existen dos afloramientos principales Sur y Norte; existe también un ramal que buza al Norte. La intensa erosión a permitido poca oxidación y limitada lixiviación. El relleno mineral está constituido por chalcopirita como mineral de mena; arsenopirita, marcasita, cuarzo cristalizado, calcita, oligisto y limonita como minerales de ganga. Las leyes reportadas por la mina dan 0.1 - 0.4 % Cu., 0.3 oz/TC Ag., 0.14oz/TC Au

CORDOVA (Cu,Au)

843061 N

40270 E

Se encuentra ubicada cerca de la comunidad de Uscuroque a una altitud de 4 300 msnm.

Las rocas aflorantes en el área constan de rocas intrusivas como granitos, dioritas y tonalitas porfiríticas. Las estructuras mineralizadas son de tipo filoneano de rumbo S10°E, presentando una geometría irregular en afloramiento superficial. La mineralización de mena consta de chalcopirita y como mineral de ganga la pirita y el cuarzo. Según datos analíticos se reportan leyes de 0.04 - 1.24 % Cu y 0.05 oz/TC Au.

SAN JOSE (Cu,Au)

843500 N

41140 E

Se encuentra ubicada al NO del área de estudio, próxima al distrito de Usicayos a una altitud de 4 330 msnm.

La geología constituye rocas de edad Paleozoica intruídas por un plutón de composición ácida. El yacimiento está constituido por dos estructuras mineralizadas de orientación N10-30°E; éstas vetas son paralelas al rumbo de las cajas.

La mineralización de mena esta compuesta por malaquita, chalcopirita y como minerales de ganga el óxido de hierro, cuarzo y pirita. Las leyes reportadas para ésta mina es de 3.74% Cu con trazas de Au.

DOÑA ELVIRA NAYCITA (Pb,Ag,Cu)

842235 N

39683 E

Se le encuentra situada próxima al distrito de Crucero, a una altitud de 4,400msnm.

Geológicamente en el área afloran unidades sedimentarias y volcánicas; constituidas por lutitas y areniscas rojas (Grupo Mitu). La mineralización es lenticular como relleno de fractura, siendo los minerales de mena la galena argentífera, blenda, chalcopirita y como minerales de ganga cuarzo y pirita. Las leyes estimadas son 4.5 ozAg., 3.5 %Cu, 4% Pb .

CERRO VERDE (Cu)

842508 N

39300 E

Se encuentra ubicada al NE de Crucero a unos 9Km., a una altitud de 4,500 msnm.

Geológicamente en el área las rocas que afloran areniscas del Grupo Tarma.

El yacimiento está formado por dos vetas de cuarzo con anchos de 0.15 - 1.20 m.; la mineralogía está formada por chalcopirita diseminada como mineral de mena; cuarzo, calcita y carbonatos como mineral de ganga.

Minerales no-metálicos

La actividad no-metálica, está restringida a la explotación de arcillas comunes para hacer adobes, ocasionalmente ladrillos y tejas; arena y gravilla que es utilizada para construcción, haciéndose en algunos casos bloquetas de cemento; también se utilizan las rocas pizarrosas empleadas en la construcción de casas. En esta región, es importante el uso de bloques de roca de diferentes composiciones, para cercos, paredes, puentes, etc.

Normalmente la explotación de los minerales no-metálicos está relacionado a la demanda local, a diferencia de los minerales metálicos, que su beneficio es más para la exportación.

Actualmente la explotación los minerales no-metálicos es muy limitada y eventual; para su beneficio se utiliza técnicas artesanales. Las pocas canteras están cerca de los poblados más importantes como Limbani, Phara, CuyuCuyo, Patambuco y Usicayos.

La extracción de estos minerales se hace solo cuando existe un pedido, estando luego las canteras paralizadas.

Pese a que la actividad no-metálica es muy pequeña, la región ofrece buenas perspectivas para su desarrollo.

Tenemos bastantes rocas fisibles como las pizarras, que se pueden utilizar en techados y enchapes de paredes como se estila en otros países.

En los Grupos Tarma, Copacabana, Moho, se encuentran una diversidad de calizas, que deberían ser evaluadas para ver la posibilidad de elaborar cemento.

En el Grupo Moho, es posible encontrar lentes de yeso que posiblemente fué removilizado de las calizas y lutitas.

Al SE de la hoja hacia el flanco SO del cerro Tacone se observa una cantidad importante de anhidrita.

Existe bastantes posibilidades de encontrar arcillas comunes, éstas están relacionadas a los materiales fluviales y lacustrinos de los depósitos del Cuaternario.

Arena, gravilla y grava, abundan en los lechos de los rios, estos bien podrían ser usados como áridos de construcción.

Aguas Termales

En el cuadrángulo de Limbani tenemos emanaciones de fuentes termales, en proporciones pequeñas; este recurso hídrico, está relacionado a un nivel acuífero así como de un control estructural y litológico. La temperatura en la mayoría de los casos es baja a mediana; su importancia radica en su utilización como baños termales, posiblemente medicinales.

Las aguas termales se encuentran distribuidas en las áreas siguientes:

Fuente termal Limbani

Aflora en pequeños ojos de agua, en las afueras de dicho poblado con una temperatura de 25° a 30° C; las aguas son sulfurosas. La roca caja está constituida por granito.

Fuente termal de Cuyo Cuyo

Al Sur del poblado de Cuyo Cuyo se encuentran afloramientos de aguas termales, obedeciendo también a un control estructural (falla), la temperatura en promedio es de 25°C.

La roca que se observa por sus alrededores son pizarras fuertemente fracturadas y con laminación interna.

Fuente termal Usicayos

Estas fuentes afloran a lo largo del río Usicayos, concordante con el lecho del río, obedeciendo también a una falla regional de orientación E-O.

PROSPECCION GEOQUIMICA REGIONAL

Objetivos

Los trabajos de prospección geoquímica se orientaron a conocer la dispersión primaria de los principales elementos metálicos, con la finalidad de elaborar un Mapa Geoquímico Regional, que sirva como guía en futuros trabajos de exploración minera. Igualmente determinar cuáles son las rocas portadoras de mineralizaciones económicas. Al haberse realizado por primera vez la prospección geoquímica regional en forma paralela al cartografiado geológico, se puede considerar como una contribución muy importante al mayor conocimiento de la geología económica a escalas regionales.

Metodología de trabajo

Al iniciarse el programa, se buscó información referente a trabajos geoquímicos similares que se hubieran realizado anteriormente, encontrándose solo un informe hecho por la Misión Alemana (Prospección de estaño en la parte oriental de Puno, por H-D Kossmehl et al.). Otros informes como los del ex-Banco Minero y de la mina Cecilia, son de carácter evaluativo, orientados a calcular reservas.

Con la información planimétrica disponible, se planificó la hoja de ruta de los trabajos de campo, donde se determinaron las quebradas que se debían muestrear, asimismo las minas que se deberían visitar.

La escala que se trabajó fue de 1:100,000.

Los trabajos de campo se realizaron en dos campañas, donde la actividad principal fue la toma de muestras de sedimentos activos de quebrada.

Las muestras fueron analizadas en los laboratorios del INGEMMET, utilizando la técnica de Absorción Atómica.

Muestreo

El trabajo de prospección geoquímica regional realizado en el cuadrángulo de Limbani, consistió primordialmente en recolectar muestras de sedimento de quebrada. El área trabajada fué de 2,842 Km².

Se muestrearon las cuencas de drenaje principales, tratando en lo posible de tomar las muestras en las quebradas de segundo orden. Se trató de tener una densidad de muestreo de 1 muestra por cada 10 Km².

Simultáneamente se tomaron muestras de mineral de las minas visitadas y que se encontraban accesibles; lo mismo en rocas que presentaban alteración hidrotermal.

La cantidad de muestras obtenidas fué la siguiente:

Sedimentos: 358 muestras
Rocas : 12 muestras

La toma de muestras de sedimentos, se realizó en el material fino transportado por el agua en las quebradas. Se utilizó tamices con malla mesh -80, tomando como mínimo 100 gr. de muestra. Se utilizaron aparatos como el Posicionador Global conocido como GPS, para ubicar las muestras en coordenadas UTM.

En lo posible, las muestras fueron secadas aprovechando la energía solar del área de estudio.

Métodos analíticos

Las muestras obtenidas fueron procesadas en los laboratorios del INGEMMET, en esta oportunidad se analizaron los siguientes elementos:

Cu - Pb - Zn - Mo - Ag - Au - Sb - As - W - Sn

La preparación de las muestras se hizo de la siguiente manera:

Sedimentos

Se procedió al secado, cuarteado, pulverizado y homogenizado.

Rocas

Las muestras se chancaron, cuartearon, pulverizaron y homogenizaron.

Posteriormente ambos tipos de muestras se les trató químicamente, realizándose una digestión ácida de los elementos Cu, Pb, Zn, Ag, Sb, Mo; utilizando HClO_4 , $\text{HCl} - \text{HNO}_3$, HF (gotas para sedimentos), HF (2 a 3 ml para rocas).

El peso de las muestras fue de 1 gr y se diluyeron a 25ml.

La determinación fue por Absorción Atómica, técnica de flama.

Para el caso del Sn, la muestra de 1 gr. se calcina previamente, luego es disgregada con INH_4 , mediante un mechero y utilizando un refrigerante artesanal en el tubo que contiene la muestra. El Sn del residuo es extraído con solución de ácido ascórbico a un volumen de 5ml. La determinación es por Absorción Atómica, técnica Flama con gas hidrógeno.

El W, se procede con una muestra de 0.25gr, después de calcinada es disgregada con sodio hidrógeno sulfato con ayuda de un mechero. El residuo es diluido en agua para después reaccionar con SnCl_2 en medio clorhídrico y ser tratado con Ditiól y bencina de petróleo para determinar el W colorimetricamente por comparación de estándares.

Para el AS se utiliza 3 gr, la digestión ácida se hace con una mezcla de HNO_3 y HCl_4 (3:1) a la temperatura de 70°C . El residuo pastoso se lleva a un volumen de 25 ml.

La determinación es por Absorción Atómica, técnica de flama.

En el tratamiento del Au, se utilizaron dos métodos:

1) Absorción Atómica por extracción con MIBK

Se tomó 5 gr de muestra, la digestión ácida se hace con agua regia ($\text{HCl} - \text{HNO}_3$ 3:1), llevando finalmente a 1 volumen de 100 ml. La extracción ácida con MIBK y HBr , para pre-concentrarlo en la fase orgánica a 5 ml.

La determinación es por Absorción Atómica - técnica flama.

2) Ensayo al fuego (assay fire) - Absorción Atómica

Se pesa 30 gr de muestra, ésta es pulverizada a malla 100, luego es disgregada en un horno a 950°C - 1000°C con mezcla de fundentes ácidos y básicos y posteriormente se separa la escoria del botón de plomo que contiene Au - Ag.

El plomo es eliminado por copelación a temperaturas de 900°C a 950°C quedando el Au - Ag. La Ag es separada con solución de HNO₃, quedando el Au, que por ser bajo en concentración (la mayoría de muestras de prospección), se determina por el método de Absorción Atómica - técnica flama.

Límites de determinación del equipo

Cu	0.5 ppm,	Pb	0.5 ppm,	Zn	0.5 ppm,	Ag	0.5, ppm
Sb	10 ppm,	Sn	10 ppm,	As	10 ppm,	W	2 ppm
Mo	10 ppm,	Au	0.01 ppm.				

Procesamientos de datos

La evaluación y procesamiento estadístico de los análisis geoquímicos del muestreo realizado, se hizo con ayuda de programas, tales como :

- KEDIT: como base de datos para hacer listados aptos a ser utilizados en otros programas.
- SURFER: para la elaboración de planos de isovalores finales.
- GEO-EAS (Geostatistical Enviromental Assessments Software) versión 1.2.1: para la parte estadística.

Parámetros estadísticos

Durante la prospección geoquímica regional, se tomaron 358 muestras de sedimentos de quebrada. Para poder tener una mejor imagen geoquímica del cuadrángulo, se agruparon las muestras de acuerdo al ambiente geológico donde fueron tomadas, en poblaciones litológicas, de la siguiente manera:

- Población de muestras en rocas del Paleozoico inferior
- Población de muestras en rocas del Paleozoico superior

- Población de muestras en rocas Mesozoicas y Cenozoicas
- Población de muestras en rocas intrusivas

Los parámetros estadísticos de estas poblaciones se muestrearon en los siguientes cuadros (valores dados en ppm)

POBLACION DE MUESTRAS EN ROCAS DEL PALEOZOICO INFERIOR

Elementos	Cu	Pb	Zn	Ag	Au
Muestras procesadas	194	194	191	194	194
Valor mínimo	5	2.34	17.5	0.50	0.01
Valor máximo	90	102.7	275	1.80	3.32
Media	26.28	30.50	119.5	0.508	0.071
Desviación estandar	13.06	17.09	43.86	0.096	0.362
Threshold	52.42	64.69	207.24	0.70	0.795
Elementos	Sb	As	Mo	W	Sn
Muestras procesadas	194	194	194	194	194
Valor mínimo	10	10	10	2.00	10
Valor máximo	25	566	27.5	75	93
Media	10.077	34.639	10.09	6.036	11.574
Desviación estandar	1.077	61.736	1.256	9.277	7.194
Threshold	12.231	158.11	12.602	24.59	25.962

POBLACION DE MUESTRAS EN ROCAS DEL PALEOZOICO SUPERIOR

Elementos	Cu	Pb	Zn	Ag	Au
Muestras procesadas	53	53	53	53	53
Valor mínimo	10	7.20	12.50	0.50	0.01
Valor máximo	103	1365	5438	6.50	0.06
Media	27.745	62.185	205.03	0.636	0.012
Desviación estandar	21.558	193.45	747.037	0.837	0.008
Threshold	51.303	449.08	1699.11	2.31	0.028
Elementos	Sb	As	Mo	W	Sn
Muestras procesadas	53	53	53	53	53
Valor mínimo	10	10	10	2	10
Valor máximo	293	228	10	40	132
Media	18.547	26.66	10	3.434	20.698
Desviación estandar	40.595	42.251	-	5.528	24.65
Threshold	99.737	111.162	10	14.49	69.998

POBLACION DE MUESTRAS EN ROCAS DEL MESOZOICO Y CENOZOICO

Elementos		Cu	Pb	Zn	Ag	Au
Muestras procesadas	84	84	84	84	84	
Valor mínimo	5	2.21	10	0.50	0.01	
Valor máximo	65	172.90	438	0.50	0.110	
Media	20.696	27.098	86.488	0.50	0.013	
Desviación estandar	12.609	20.666	68.621	-	0.014	
Threshold		45.914	68.43	157.109	0.50	0.041
Elementos		Sb	As	Mo	W	Sn
Muestras procesadas	84	84	84	84	84	
Valor mínimo	10	10	10	2	10	
Valor máximo	11	46	10	15	238	
Media	10.012	11.571	10	2.69	16.988	
Desviación estandar	0.109	5.794	-	1.932	26.838	
Threshold		10.23	23.159	10	6.554	70.664

POBLACIÓN DE MUESTRAS EN ROCAS INTRUSIVAS

Elementos		Cu	Pb	Zn	Ag	Au
Muestras procesadas	30	30	30	30	30	
Valor mínimo	5	1.60	12.50	0.50	0.010	
Valor máximo	160	276.30	147.50	1.20	1.02	
Media	27.897	30.797	62.543	0.523	0.048	
Desviación estandar	33.75	48.448	34.08	0.128	0.184	
Threshold		95.397	127.693	130.703	0,779	0.416
Elementos		Sb	As	Mo	W	Sn
Muestras procesadas	30	30	30	30	30	
Valor mínimo	10	10	10	2	10	
Valor máximo	10	83	10	30	217	
Media	10	24.767	10	7.60	23.83	
Desviación estandar	-	20.498	-	7.074	40.952	
Threshold		10	65.763	10	21.748	105.73

Interpretación de resultados

Según los resultados estadísticos, las poblaciones de rocas se pueden interpretar de esta forma:

PALEOZOICO inferior

En esta población mejora los valores de oro. Según la Correlación Rank, no se nota asociaciones fuertes.

El oro esta debilmente asociado con el plomo y el arsénico.

PALEOZOICO superior

Los valores de plomo, zinc y plata, mejoran en esta población. Se nota una asociación fuerte entre el plomo, zinc y la plata. Existe también una relación de los elementos con el arsénico y el antimonio, probablemente sulfosales.

MESOZOICO y CENOZOICO

Da valores elevados de plomo, zinc y estaño.

Entre los elementos, no se notan asociaciones evidentes. Existe solamente una debil asociación entre el plomo y el zinc, igualmente entre el estaño, tungsteno y el arsénico.

ROCAS INTRUSIVAS

Esta población ofrece contenidos altos de cobre y estaño. El cobre está asociado al arsénico. Pese que en el área de esta población se encuentra minas (Sarita y Jinchune) que contienen estaño y tungsteno; estos elementos no dan una buena correlación. A continuación se expone la interpretación de resultados por elementos:

ORO

Los contenidos de oro van del 0.01 al 3.32 ppm, en el mapa de isovalores del oro, se observa que está mejor distribuido en el sector Este del cuadrángulo, sector que está conformado por rocas del Paleozoico, de preferencia en las rocas del Paleozoico inferior, donde la Media es 0.071 y el Threshold 0.795.

En el resto del cuadrángulo, el oro está bajo del límite de detección.

PLATA

Los valores altos de plata se encuentran según el mapa de isovalores, alrededor de las minas Cecilia, Jaime, Cerro del Inca, Lucila del Inca; esto guarda relación con la información de esas minas, que se trabajaron también por plata.

Pero los valores geoquímicos en el resto del cuadrángulo, son bajos, estando la mayoría bajo el límite de detección.

Las muestras pertenecientes a la Población del Paleozoico superior son las que dan los valores más altos, como la Media 0.636 y el Threshold 2.31 .

PLOMO

Las consideraciones geoquímicas del plomo son iguales que las de la plata. Las muestras con mayores valores de plomo, se encuentran en la Población del Paleozoico superior, llegando la Media a 62.185 y el Threshold a 449.08 ; seguido de la Población en los intrusivos (minas Cecilia y Jaime), donde el Threshold llega a 127.693 .

ZINC

En este cuadrángulo, el zinc, tiene una amplia distribución. Los valores altos están más concentrados por las minas Cecilia y Jaime.

Las poblaciones con mayor contenido de este metal son la del Paleozoico inferior con Media de 119.523 y Threshold de 207.243 y la del Paleozoico superior con 205.038 y 1699.112 respectivamente.

Las rocas carbonatadas del Grupo Copacabana, contienen los valores más altos.

COBRE

El cobre está presente en todos los ambientes de este cuadrángulo, como se puede apreciar el mapa de isovalores.

Pero es en la población de los intrusivos, donde los contenidos son más altos (minas Sarita y Jinchune), así, la Media es 27.897 y el Threshold es 95.397 ppm.

MOLIBDENO

Los contenidos de molibdeno en este cuadrángulo son irrelevantes, salvo pocas muestras, la mayoría de estas están por debajo del límite de detección.

Por una muestra de valor alto, el Threshold en la población perteneciente al Paleozoico inferior llega a 12.602 ppm.

ARSENICO

Según el mapa de isovalores, la concentración de valores anómalos de arsénico está entre las minas Sta. Rosa de Chaipicocha y Navidad.

La población del Paleozoico inferior, es la que da los mejores valores de este elemento, así tenemos la Media de 34.639 y el Threshold de 158.111, siendo 10 ppm el límite de detección.

Le sigue la población del Paleozoico superior con Threshold de 111.162 y la de intrusivos con Threshold de 65.763.

ANTIMONIO

Por los alrededores de la mina Cecilia, se encuentran los valores más altos del antimonio.

El antimonio viene asociado con el plomo, zinc y la plata. En el resto del cuadrángulo, los valores están en el límite de detección. El Threshold más alto se encuentra en la población del Paleozoico superior, y es de 99.737 o sea casi 10 veces más del límite de detección (10ppm).

El antimonio posiblemente se le encuentra en la galena o formando sulfosales.

WOLFRAMIO

El wolframio está bien distribuido, la mayoría de las muestras están por encima del límite de detección (2ppm). De acuerdo al mapa de isovalores, los valores altos están asociados al intrusivo de Aricoma y a la zona que queda entre las minas Navidad y Sta Rosa de Chaipicocha.

Las muestras pertenecientes a la población del Paleozoico inferior dá Media de 6.036 y un Threshold de 24.59 ppm , seguida de la población de los intrusivos con Media de 7.60 y Threshold de 21.748 ppm .

ESTAÑO

La distribución del estaño guarda cierta similitud con la del wolframio. Es bién notoria su concentración en el intrusivo de Aricoma donde se encuentran las minas Sarita y Jinchune.

La mayoría de los valores de las muestras están por encima del límite de detección (10 ppm).

En la población correspondiente a los intrusivos la Media es de 23.833 y el Threshold de 105.737 ppm .

La población que dá valores más bajos corresponde al Paleozoico inferior donde la Media es 11.574 y el Threshold 25.962 ppm.

AMBIENTES GEOLOGICOS FAVORABLES

Con la ayuda de los resultados geoquímicos y el inventario de las ocurrencias mineras, se pueden delinear las siguientes zonas prospectivas:

Zona de plomo/zinc/cobre/plata

Esta zona cubre áreas donde afloran rocas pertenecientes al Paleozoico superior, Mesozoico y Cenozoico.

La mineralización encontrada hasta la fecha, está en vetas. Sin embargo, teniendo en cuenta los mantos de la mina Cecilia y sus rocas huéspedes (lutitas carbonosas), se puede decir que existe la posibilidad de encontrar depósitos sedimentarios - exhalativos de plomo-zinc. Además en rocas calcáreas en contacto con intrusivos se podría encontrar depósitos de skarn de zinc-plomo ó depósitos de reemplazamiento con mineralización polimetálica.

Las minas que se encuentran en esta zona son Cecilia, Princesa, Nicaragua, Cerro del Inca, Santa Rosa de Chaipichica, Santa Ana y Mina del Inca, actualmente todas ellas paralizadas.

Zona de cobre/estaño/tungsteno

Las rocas aflorantes en esta zona son de Paleozoico inferior, Mesozoico, Cenozoico intruidas por rocas ígneas.

La posibilidad de encontrar estaño y tungsteno en esta zona es favorable.

La zona batolítica es prospectiva por estaño y tungsteno, los cuales están asociadas al cobre. Más al SE existe la posibilidad de encontrar yacimientos de estaño del tipo vetas polimetálicas estanníferas en las ignimbritas de la Formación Picotani, cuya edad está entre 17 y 15 m.a. correspondiente al Neógeno.

La asociación Sn-W-As en las rocas mesozoicas y cenozoicas apoyan esta idea. Además, en las formaciones del Paleozoico inferior se debe también tener interés especial en la mineralización de estaño, debido a que se conoce yacimientos en pizarras y cuarcitas de esa edad. Las principales minas conocidas son Jinchune y Sarita, ambas paralizadas.

Zona aurífera

En este cuadrángulo las manifestaciones de mineralización de oro se presenta en vetas cuarcíferas y en placeres auríferos. Aunque no conocidas en el cuadrángulo, existe la posibilidad que rocas del Paleozoico inferior contengan yacimientos de oro en mantos, como en la Zona de la Ananea.

Esta zona aurífera, se prolonga hacia cuadrángulos que quedan en la parte norte del de Limbani; muy cerca está el sector aurífero de Aporoma, donde se trabaja oro secundario, en algunas terrazas.

Existen algunas pequeñas minas que se trabajan esporádicamente, como las de Quisipata, Salvador de Carcel Punco, Uchuy Tambillo, etc.

Las rocas de esta zona pertenecen al Paleozoico inferior.

GEOLOGIA HISTORICA

Los principales acontecimientos desarrollados en la evolución geológica de esta parte del SE del Perú se pueden sintetizar seguidamente.

Es durante el Ordoviciano medio donde en una extensa cuenca marino de dirección NO-SE situada parcialmente al SE del Perú se deposita una gruesa secuencia de lutitas negras ampelíticas con una rica fauna en graptolites, trilobites, en un ambiente marino pelágico, etc. denominada Grupo San José. Esta secuencia pelítica presenta también algunos niveles rítmicos formados por una alternancia de horizontes areniscosos claros con intercalaciones de lutitas negras dando un aspecto flyschoides a la secuencia.

En el Ordoviciano superior secuencialmente continua la depositación en un ambiente marino que rítmicamente se interdigitaba con ambientes semicontinentales caracterizando una formación bien desarrollado de interestratificaciones de las cuarcitas y lutitas pizarrosas grises de la Formación Sandia.

Posteriormente en el Siluro Devoniano se depositan una gruesa secuencia de lutitas negras de fina estratificación las que posteriormente fueron afectadas por fuerte deformación ocurrida en el Devoniano superior Carbonífero inferior ocasionando una esquistosidad de flujo que caracterizan a la Formación Ananea; Esta abundante sedimentación denota fuerte activación de la erosión asociada a una tendencia a la emersión de la cuenca.

Es a fines del Paleozoico inferior donde la tectónica eohercínica caracterizada por esfuerzos compresionales y deformación consecuente pliega y falla las series ordovícico-devonianas; esta tectónica se caracteriza por dos fases de plegamiento acompañados de esquistosidad, fallas inversas y por un metamorfismo regional con intrusiones sintectónicas.

Durante el Paleozoico superior que se da la transgresión marina del Misisipiano ocurridos durante el Viseano o a partir del Tournesiano proveniente probablemente del NO del Perú central; Esta cuenca surgida es alimentada por relieves eohercinianos con materiales de naturaleza cuarzo-feldespática y limoarcillosa las que litológicamente son características en

las unidades del Grupo Ambo.

A partir del Carbonífero superior y posiblemente una transgresión marina recubre desde el Norte o NO una gran parte del Perú extendiéndose mucho mas alla de la cuenca del Carbonífero inferior. En el sur del Perú esta transgresión forma un surco estrecho a lo largo del borde SO de la actual cordillera oriental quedando restringida hacia el NE de la depresión del altiplano y hacia el SE no parece haberse extendido mucho al norte de Bolivia. La sucesión litológica del Carbonífero superior caracterizada por una secuencia marina que tipifican al Grupo Tarma compuesta por una secuencia de areniscas verdes, lutitas, areniscas calcáreas y calizas que yacen generalmente en concordancia sobre la secuencia el Grupo Ambo. El paso del Carbonífero superior al Permiano inferior es progresivo, no existiendo un cambio brusco en la litología y el límite exacto entre estos sistemas.

A inicios del Permiano inferior una nueva transgresión provoca una sedimentación pelágica-nerítica con abundantes depósitos carbonatados y pocos aportes detríticos caracterizan al Grupo Copacabana. A partir del Leonardiano inferior la cuenca marina muestra tendencia a emerger siendo indicativo precedente al plegamiento tardihercínico. Las secuencias carboníferas y del Permiano inferior han sido fuertemente afectadas por un plegamiento ocurrido a partir del Permiano medio (Audebaud y Laubacher 1969) denominado fase tardihercínica; esta fase se caracteriza por movimientos de naturaleza compresiva sujetas a movimientos ascensionales dando consecuentemente lugar a las molasas post-tectónicas del Grupo Mitu que representan una superficie de erosión tardiherciniana cuya formación empezó al retirarse el mar en el Leonardiano inferior al Triásico inferior; Estos depósitos Permo-Triásicos están representados por series continentales detríticos y volcánico-detríticos en las que se intercalan niveles de volcanitas.

El plutonismo desarrollado durante el Permo-Triásico queda representado por varios plutones graníticos que se hallan intruyendo a las rocas del paleozoico inferior o del paleozoico superior; Se les considera como intrusiones posteriores a la tectónica Tardiherciniana que tuvieron lugar en el Pérmico superior representados en la zona por los plutones de Limbani, Coasa y Aricoma.

REFERENCIAS

- AUDEBAUD E., DEBELMAS J.; 1,971.- Tectonique Polyphasee et Morphotectonique des terrins Crétacés dans la Cordillere Orientale du Sub Péruvien etude d'une structure caracteristique. Cah. ORSTOM, Sér. Géol., III,1,59-66.
- CARLIER G., GRANDIN G., LAUBACHER G., MAROCCO R. and MEGARD F., 1,982.- Present Knowledge of the Magmatic Evolution of the Eastern Cordillera of Peru. Earth-Science Reviews, 18 253-283. Amsterdam (Holanda).
- CHACON NESTOR, et al.- Metalogénia como guía para la prospección minera en el Perú. INGEMMET - 1995
- CHANOVE, G.; MATTAUER, M. et. MEGARD, F.; 1969.- Précisions sur la Tectonique Tangentielle de Terrains Secondaires du Massif de Pirin Nord-Ouest du lac Titicaca, Pérou. C. R. Acad. Sci. Paris, 268: 1698-1701.
- CHEILLETZ A., CLARK A., FARRAR E., ARROYO G., PICHAVANT M. and SANDEMAN H., 1,992.- Volcano-stratigraphy and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Geochronology of the Evolution of the Andes of Southeast Perú. Tectonophysics 205 307-327. Amsterdam.
- CLARK A., FARRAR E., KONTAK D., LANGRIDGE R., 1,990.- Geologic and Geochronologic Constrain on the Metallogenic Evolution of the Andes of Southestern Perú. Economic Geology Vol. 85, pp. 1520-1583.
- GRANBAST, L.; MARTINEZ, M.; MATTAUER, M.; AND THALER, L.; 1967.- Perutherium Altiplanense, Nov. Sp., Premier Mammifere Mesozoique d'Amerique du Sud C.R. Acad. Sc., Paris, Vol. 264, Série D 707-719.
- INGEMMET - BANCO MINERO. Recursos mineros para el abastecimiento de la Planta Cruce-ro-Puno. Informe 1978
- INGEMMET - DIP.- Base de datos del Banco Minero (Informática)

- WOLF F., GOMEZ R.- Estudio Geológico de la Mina Cecilia Cooperación Minera Peruano-Alemana 1979
- WOLF F., KOSSEMEHL H-D.- Prospección por estaño en la parte Oriental de Puno Cooperación Minera Peruano-Alemana 1982
- KONTAK, D.J. CLARK, A.H. and Farrar, E., 1984, the magmatic evolution of the Cordillera Oriental, Southeastern Perú, in Harmon, R.S., and Barriero, B.A., eds, Andenmaymatism. Chemical and isotopic constraints: Nantwich, Shiva Pub. Ltd., P. 203-219.
- KONTAK D.J.; CLARK A.H.; FARRAR E.; PEARCE T.H.; STRONG D. F.; And BAADSDAARD H.; 1986.- Petrogenesis of a Neogene Shoshonite Suite, Cerro Moro Maroni, Puno, Southeastern Peru. Canadian Mineralogist, Vol. 24, pp. 117-135.
- LAUBACHER G., 1978.- Estudio Geológico de la Región Norte del Lago Titicaca. INGEMMET. Bol. N°5. Serie D.
- LAUBACHER G., SEBRIER M., FORNARI M., CARLIER G., FORNARI M., CARLIER G., 1985.- Sedimentación Continental, Tectónica y Volcanismo Oligo-Mioceno: La Cuenca Intramontana Crucero en los Andes Surorientales del Perú. Comunicaciones N°35:119. Departamento de Geología-Universidad de Chile-Santiago.
- LEFEVRE C., 1973.- Les Caracter Magmatiques du Volcanisme Pilo-quaternarie des Andes dans le Sud du Pérou. Contr. Mineral and Petrol 41,259-272.
- MARTINEZ cl TOMAS, P, Dalmayrac B., Laubacher G. et Marocco R, (1972)-Caracteres generaux des orogenes Precambriano, Hercinien et Andin au Perou et en Bolivie. Bol. N°3 Serie D Serv. Geol. Min.
- MARSHALL, L.G.; MUIZON, C.; GAYET, M.; LAVENU, A.; AND SIGE, B.; 1989.- The «Roseta Stone» for Mammalia Evolution in South America Nat. Geogr. Res.; 274-285.
- NEWELL N. D.; 1949.- Geology of the Lake Titicaca Region, Perú and Bolivia. Soc. Amer. Mem. 36, 104 pp. 4pl.
- PALACIOS O., KLINCK B.A. et al.- Geología de la cordillera occidental y altiplano al oeste del lago Titiaca-sur del Perú. Boletín N° 42 Serie A INGEMMET.

- PICAHAVANT N.; K TAK D.; BRIQUEU L.; VALENCIA J.; AND CLARK A.; 1,988.- The Miocene-Pliocene macusani Volcanics, SE Peru. II. Geochemistry and Origin of a Felsic Peraluminous Magma Contrib. Mineral Petrol.. 100:325-338.
- PICAHAVANT M.; VALENCIA J.; BOULMIER S.; TREUIL M.; AND VERNET M.; 1,987.- the Macusani Glasses, SE Peru: Evidence of Chemical Fractionation in Peraluminous Magmas. Magmatic Processes: Physicochemical Principles. The Geochemical Society, Special Publication N°1, pp.359-373.
- POUPEAU G.; LABRIN E.; SABIL N.; BIGAZZI G.; ARROYO G.; AND VATIN PERIGNON N.; 1,993.- Fission - Track Dating of 15 Macusani Pebbles From the Volcanic Field (SE Peru). Nud. Tracks Radiat. Meas, Vol. 21 N°4, pp. 494-505.
- RIVERA HUGO.- Geología minera en la Cordillera Oriental en el sur del Perú, departamento de Puno.
- SALOMON RIVAS; 1968.- Geología de la Región Norte del Lago Titicaca. GEOBOL. Bol. N° 2.
- SEBRIER M.; LAVENU A.; FORNARI M.; SOULAS J.; 1,988.- Tectonics and Uplift in Central Andes (Peru, Bolivia and Northern Chile) From Eocene to Present. Geodynamique 3(1-2):85-106.
- SIGE. B.; 1971.- Les Didelphoidea de Laguna Umayo (Fm. Vilquechico, Crétacé Supérieur, Pérou), et le Peuplement Marsupial d'Amérique du Sud. Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences, Vol. 273, 2479-2481. (Paris).

APENDICE PALEONTOLOGICO

RESUMEN

En éste cuadrángulo se ha reportado una variada fauna del Paleozoico, dentro de cual se tienen graptolites, en los alrededores del distrito de Phara, provincia de Sandia con edades comprendidas entre el Arenigiano al Llandeiliano, predominando la fauna Llanvirniana, referida al Grupo San José. Una gran variedad de Didymograptus, se han determinado de éste sector, conservándose en buen estado. Estas formas se encuentran también en el cuadrángulo de Sandia.

En el distrito de Limbani se ha colectado un Cnidario denominado Heterophrentis sp. en estratos devonianos; a pesar que la fauna de éste sistema es escasa en este cuadrángulo.

Pocas evidencias paleobotánicas y paleontológicas del Misisipiano (Carbonífero inferior) se han reportado; algunas provienen de la Laguna Cocaña Cocha (Provincia de Carabaya) dónde se identificaron Calamites sp. y Orthoceratidae ind., que nos indica niveles tanto continentales como marinos del Grupo Ambo. Asi mismo del distrito de Crucero (Provincia de Macusani) se ha obtenido huellas que corresponden a gusanos como: Chondrites sp. y Scalarituba sp. de ambiente marino y de facies litoral, de edad Viseana.

En Crucero, Usicayos y cerro Tacone se ha colectado fauna del Carbonífero superior y Permiano inferior, en facies calcareas. En éstas áreas la fauna predominante es braquiópoda y corresponde a las siguientes familias: Productidae, Spiriferidae, Buxtoniidae y Linoproductidae; solamente se ha reportado un bivalvo de regular dimensión identificado como Myalina cf. M. wyomingensi (D'ORBIGNY).

Los sedimentos de éste sistema fueron depositados durante una transgresión marina que probablemente se originó en el Pensilvaniano inferior a medio, denominándose a éstas secuencias sedimentarias como Grupo Tarma. También en el Permiano inferior sucedió una nueva transgresión, siendo la sedimentación nerítica, con abundantes depósitos carbonatados, la secuencia se ha denominado Grupo Copacabana.

INTRODUCCION

El estudio paleontológico nos ha permitido reconocer faunas del Ordoviciano, Devoniano, Carbonífero y Permiano inferior y correlacionar las secuencias sedimentarias con otras, de los cuadrángulos del sur y así determinar las condiciones de depositación en la cuenca.

Las muestras colectadas por Robert Monge y remitidas al departamento de Paleontología, fueron veintiseis (26), constituidas por fragmentos, conteniendo fósiles mayormente en moldes internos; identificándose 51 especímenes; de los cuales 19 son graptolites, 24 braquiópodos, 3 moluscos, 2 poliquetos, 2 cnidarios y 1 resto de tallo.

PALEONTOLOGIA

El contenido faunístico del cuadrángulo de Limbani se concentra en las unidades estratigráficas paleozoicas.

ORDOVICIANO

En los estratos basales, la fauna graptolítica del Ordoviciano inferior (Arenigiana - Llandeiliana) proviene del Grupo San José. Así tenemos:

Graptoloidea

- Didymograptus aff. D. extensus (HALL)
- Tetragraptus quadribrachiatatus (HALL)
- Diplograptus cf. D. foliaceus (MURCHISON)
- Loganograptus cf. L. logani (HALL)
- Didymograptus bífidus (HALL)
- Glossograptus ciliatus EMMONS
- Glossograptus hincksii (HOPKINSON)
- Climacograptus tubulíferus LAPW.
- Didymograptus cf. D. spinulosus PERNER
- Didymograptus cf. D. stabilis ELLES & WOOD
- Glyptograptus cf. G. euglyphus pymaeus n. sp
- Didymograptus cf. D. sagitticaulis GURLEY
- Didymograptus cf. D. pluto JENKINS
- Didymograptus serratulus (HALL) (Lámina I, Foto 4)
- Azyograptus sp.
- Didymograptus sp.
- Glossograptus sp.

DEVONIANO INFERIOR

Se reporta un coral rugoso denominado Heterophrentis sp. proveniente de la Formación Ananea; no se ha colectado más evidencias faunísticas de ésta edad.

CARBONIFERO

Hacia el nivel superior se ha colectado restos de plantas y faunas que nos indican el Carbonífero inferior (Misisipiano) perteneciente al Grupo Ambo; así tenemos:

Flora

- Calamites sp.

Molusca

- Orthoceratidae ind.

Anélida

- Chondrites sp.
- Scalarituba sp.

Del Carbonífero superior (Pensilvaniano) y del Grupo Tarma se ha obtenido una rica fauna, tal como :

Braquiópoda

- Linoproductus cora (D'ORBIGNY)
- Neospirifer cameratus (MORTON)
- Buxtonia peruviana (D'ORBIGNY)
- Kochiproductus cf. K. peruvianus (D'ORBIGNY)
- Spiriferella sp.
- Syringothyris sp. (Lámina II, Foto 12)
- Composita sp.
- Crurithyris sp.
- Neospirifer sp.

Molusca

- Myalina cf. M. wyomingensi (LEA)

Cnidaria

- Lophophyllidium sp.

PERMIANO

De los niveles inferiores del Permiano se han reconocido fósiles, en las capas calcáreas del grupo Copacabana, así tenemos:

Braquiópoda

- Neospirifer cóndor (D'ORBIGNY)
- Neospirifer cameratus (MORTON)
- Stereochia inca (D'ORBIGNY)
- Kiangsiella pinguis CHRONIC

- Linoproductus cf. L. cora (D'ORBIGNY)
 - Composita sp.
 - Lissochonetes sp.
- Molusca
- Omphalotrochus sp.

BIOESTRATIGRAFIA Y DISTRIBUCION GEOGRAFICA

De las secuencias de limo-arcillitas oscuras a rojizas, de los niveles inferiores del Grupo San José, se ha reportado: Didymograptus aff. D. extensus (HALL) (Lámina I, Foto 1,2) en la localidad de Apacheta Wayna (distrito de Phara) que pertenece al Arenigiano inferior.

Tetragraptus quadribrachiatus (HALL) (Lámina I, Foto 3), ha sido colectado en la localidad anterior; en la quebrada Silque, del cuadrángulo de Sandia (Puno), en lutitas amapelíticas de edad Arenigiana, dónde forma parte de la fauna del Grupo San José; éste ejemplar se ubica entre el Arenigiano y Llanvirniano, tal como se halla en Argentina en las formaciones: Guandacol,

Catúa (Prov. de Salta y Jujuy), Lumbreira (Prov. de Catamarca) y Los Sombreros (Sierra del Tontal) que consiste de lutitas oscuras. Pero observaciones recientes nos indican que el fósil llegó hasta el Caradociano.

Diplograptus cf. D. foliaceus (MURCHISON) (Lámina I, Foto 5); colectado en el área del río Marcapata y Urubamba en lutitas oscuras; también está presente en el valle de Yanahuanca (Huánuco) en pizarras esquistosas de color gris claro.

En la localidad de Wayna, distrito de Phara (Prov. de Sandia) se presenta Loganograptus cf. L. logani (HALL) (Lámina I, Foto 5); lo mismo entre Yinquipata (sobre el río San Gabán) y puerto Maldonado (sobre el río Inambari) de edad Llanvirniana.

En América del Sur fué reconocido por BULMAN (1931), en el material colectado por NORDENSKJOLD, en Korpa (Bolivia) identificándose como L. bolivianensis de edad Llanvirniana; en Argentina se halla dentro de la formación Gualcamayo, en pelitas negras, así como en la formación Los Azules. Esta forma ha sido señalada en las secuencias ordovicianas de América del Norte en los estratos que componen las «Deep Kill beds» que se sitúan en el Arenigiano - Llanvirniano (RUEDEMANN, 1947).

Didymograptus bífidus (HALL) (Lámina II, Foto 9) fué colectado por B. Boit, cerca a Huacar a 5 Km. al S.O de Ambo (Huánuco), en secuencias de lutitas negras a gris clara sericítica de grano fino a medio con pequeños horizontes de areniscas grises; éste ejemplar se ha identificado en Quince Mil, Ollantaytambo, Calca (Cuzco), en Sandia al norte del nevado

de Cara-Cruz y en el valle del río Chaquimayo, Carabaya (Puno). El D. bífidus forma una zona en el Llanvirniano inferior de Inglaterra y otros países europeos; de igual manera en Norteamérica en la serie Chaziano (Normanskill). También se halla en Bolivia en la cordillera oriental, donde los mejores afloramientos se encuentran ubicados en el sector norte; al NO. de Apolo, en las localidades de: Cule, Korpa, Capamitas y Puina en estratos de edad Llanvirniano inferior.

Al Glossograptus ciliatus EMMONS = G. hincksii (HOPKINSON) (Lámina II, Foto 10), ha sido reconocido en el distrito de Phara, siendo frecuente hallarlo en niveles de edad Llanvirniana inferior; tanto en Contaya como en el nevado Cara-Cruz; al sur de Salcantay y cerca a Potrero; en Cochachinche en niveles del Llandeiliano inferior; en la zona de Chaquimayo en secuencias de edad Llanvirniana - Llandeiliana y en el cuadrángulo de Sandia. En forma general el fósil está asignado al Llandeiliano, aunque en Mollepata (Cuzco) se ha colectado con fauna del Arenigiano - Llanvirniano (formaciones Contaya y San José); y en Bolivia se encuentra en los niveles del Llanvirniano inferior; en Argentina ha sido referida al Llandeiliano en la formación Portezuelo Tontal.

Climacograptus tubulíferus LAPW. (Lámina II, Foto 9), procede del distrito de Phara (Prov. de Sandia), de la Formación San José de edad Llanvirniana - Llandeiliana. Otras localidades fosilíferas que contienen éste fósil son: Contaya (Prov. de Requena) colectado en lutitas laminares oscuras y de color violáceo verdusca, de la formación Contaya de edad Llanvirniana superior; también se le menciona al este de Oxapampa a 25 Km, (Cerro de Pasco), colectado en secuencias de pizarras oscuras; en los ríos Marcapata y Urubamba (Cuzco) en el Grupo San José de edad Llanvirniana superior - Llandeiliana inferior. Este ejemplar forma una zona paleontológica en Idaho (Norteamérica) de edad Llanvirniana.

Didymograptus cf. D. spinulosus PERNER (Lámina II, Foto 7,8,10,11), denominado anteriormente D. cf. D. stabilis ELLES & WOOD, de edad Llanvirniana inferior, proveniente del distrito de Phara y de la localidad de Contaya (Loreto); también del río San Gabán y Puerto Maldonado; entre Limpucuni y Locheta, en San Juan del Oro y en la cabecera del río Nuisisniscato (Puno) en secuencias lutaceas y limo-arcillitas del Grupo San José.

Este espécimen es muy común en las faunas Llanvirnianas sudamericanas.

Didymograptus cf. D. pluto JENKINS (Lámina II, Foto 6) es un espécimen que ha sido comparado con formas británicas sobre todo con las halladas en Shelve distrit, Shropshire de edad Llanvirniana. En el Perú ha sido reconocida en la localidad de Wayna, distrito de Phara en estratos lutaceos de edad Llanvirniana del Grupo San José.

Glyptograptus cf. G. euglyphus pymaeus RUEDEMANN (Lámina II, Foto 6), de edad Llanvirniana fué colectado cerca a Huacar a 5 Km. al SO. de Ambo (Huánuco) en lutitas negras a gris claras sericíticas de grano fino a medio de la formación Contaya.

Didymograptus cf. D. sagitticaulis GURLEY (Lámina II, Foto 11), colectado en el distrito de Phara, es un graptolite que se halla en niveles del Llanvirniano inferior; pero en la fauna graptolítica del cuadrángulo de Pataz (Sur de Aricapampa) forma parte de secuencias Llandeilianas; en Contaya se encuentra en capas de edad Llanvirniana; en el valle de Yanahuanca en niveles de edad Llanvirniana - Llandeiliana; también se ha identificado en San José y San Juan del Oro (valle de Sandia, Puno) dentro del Grupo San José y en el valle del Marañón dentro de la Formación Contaya.

Del Devoniano inferior - medio se ha reconocido en éste cuadrángulo un coral rugoso Heterophrentis sp. en pizarras oscuras de la Formación Ananea; éste fósil es frecuente en éstas secuencias.

Del Carbonífero inferior (Misisipiano) se ha obtenido algunos restos vegetales e invertebrados en areniscas y lutitas del Grupo Ambo; sobre todo en la Laguna Cocaña Cocha, así tenemos:

Calamites sp. es un calamital muy común en el Misisipiano y se encuentra en diversas localidades como en la Península de Paracas (Ica), en las montañas de Los Amotapes (Piura), en los cuadrángulos de Huaylas, Pomabamba, Carhuaz y Huari (Ancash), en Aricapampa, Prov. de Huamachuco; en Urpay, Prov. de Patáz (La

Libertad) y en las cercanías del pueblo de Ocoña, Prov. de Camaná; asimismo en la localidad de Ambo (Huánuco) en secuencias de areniscas y lutitas negras de capas delgadas.

Orthoceratidae ind. (Lámina IV, Foto 23), cefalópodo que no muestra razgos visibles para una mejor comparación, y que comprende una edad Ordoviciana- Triásica a nivel de familia.

En el Perú se han obtenidos géneros de esta familia, en el Ordoviciano, Devoniano y Carbonífero; éste fósil se ha colectado en facies marinas del Misisipiano del Grupo Ambo.

Chondrites sp. (Lámina IV, Foto 24), se ha determinado por las huellas que han dejado en las areniscas, de ambiente deltaico; es un poliqueto cosmopolita que comprende desde el Cambriano al Cenozoico; pero se le considera en el Misisipiano inferior del Grupo Ambo marino, por posición estratigráfica.

Scalarituba sp. Poliqueto que ha sido identificado por sus huellas impresas en areniscas; se le atribuye una edad Misisipiana inferior, como la hallada en Missouri (U.S.A); es un fósil del Ambo marino.

En el Carbonífero superior (Pensilvaniano) la fauna procede de las localidades de Crucero, Usicayos, predominando los braquiópodos, con escasos bivalvos y corales que se

colectaron de los niveles calcáreos del Grupo Tarma; los fósiles determinados corresponden a:

Linoproductus cora (D'ORBIGNY) (Lámina III, Foto 17), fósil cosmopolita que se ha colectado tanto en el Pensilvaniano como en el Wolfcampiano, es común hallarlo al NE de Muñani (Puno); al oeste de Tarma (entre Tarma y La Oroya); en Cotahuasi (Arequipa); valle de Viscachani (Puno); en el Pongo de Mainique, al Este de sicuani (Cuzco); en Huascatay (Apuiramac); en el río Alto Manú y a 1 km. de la desembocadura del río Carbón (Madre de Dios); asimismo en Bolivia y Argentina.

Neospirifer cameratus (MORTON) (Lámina III, Foto 14, 19) Cosmopolita, se le halla desde el Pensilvaniano al Leonardiano. Está presente en las calizas del grupo Tarma entre Tarma - La Oroya, en Pomachaca (Junín) en Ambo (Huánuco) y en la quebrada Atico (Arequipa); y en las calizas de la Formación Cerro Prieto en las montañas de Los Amotapes.

Kochiproductus cf. K. peruvianus (D'ORBIGNY) (Lámina III, Foto 15); es otro ejemplar que comprende también hasta el Permiano inferior; así lo tenemos en los alrededores de Tarma y en Abancay. En Bolivia se ha colectado en Apillapampa, en Toro-Toro - Estrellani en calizas del Grupo Copacabana.

Lophophyllidium sp. Coral rugoso que se encuentra en sedimentos del Pensilvaniano y Permiano inferior; en el Perú es frecuente en rocas del Grupo Tarma, como en los alrededores de Tarma; en Huanta y en algunas localidades del Dpto. de Arequipa. Este fósil se presenta en las calizas del Copacabana en Totorani, Zudañez, Yaurichambi, Ancoraimos (Bolivia).

Spiriferella sp. (Lámina III, Foto 18). Fósil cosmopolita que comprende el Carbonífero superior y el Permiano; en el Perú se le menciona por primera vez, en capas calcáreas del Pensilvaniano del Grupo Tarma.

Myalina cf. M. wyomingensis (LEA) (Lámina III, Foto 12), es un fósil de tamaño mediano que se encuentra en las areniscas calcáreas del Grupo Tarma, en el Perú es la primera vez que se le identifica en estos niveles.

Buxtonia peruviana (D'ORBIGNY) (Lámina III, Foto 16). Fósil del Pensilvaniano medio que ha sido colectado en estratos del Grupo Tarma como en la quebrada La Chira, Prov. de Camaná (Arequipa); en Huascatay (Apuiramac); en la carretera Huancayo - Ayacucho (Ayacucho); en Pomachacas a 6 Km. al Norte de Tarma (Junín); y en la Formación Cerro Prieto de edad Pensilvaniana como en el cerro Pan de Azúcar y Quebrada Gramadal, Montañas de Los Amotapes (Piura); asimismo se le reporta en Bolivia dentro del Pensilvaniano medio; aunque este ejemplar continúa en sedimentos del Permiano inferior al sur del Perú y en Bolivia.

Neospirifer cóndor (D'ORBIGNY) (Lámina IV,Foto 21). Especie cosmopolita, que ha existido en el Carbonífero y Permiano inferior; está presente en el Grupo Tarma, aflorando en los alrededores de Tarma y en la Quebrada de Atico; en la Formación Cerro Prieto que aflora en Los Amotapes; en el Grupo Copacabana lo tenemos al SE. de Marangani, al SE. de Sicuani; en el valle de Vilcanota (Cuzco); en el cerro Ampay, cerro Picchu (Abancay); y en algunas localidades de los cuadrángulo de Macusani y Nuñoa (Puno). A nivel sudamericano se le encuentra en Colombia en calizas del Carbonífero inferior y en Bolivia en sedimentos del Permiano inferior.

Stereochia inca (D'ORBIGNY) (Lámina IV,Foto 22), fósil cosmopolita, que comprende desde el Misisipiano al Permiano inferior; en el cuadrángulo de San Pedro de Chonta (Huánuco) se encuentra en areniscas y lutitas del grupo Ambo marino; en los cuadrángulos de Macusani y Nuñoa, así como en Tarma y en algunas localidades del sur del Perú (Abancay,Cuzco, Puno) se halla en afloramientos calcareos del Pensilvaniano (Grupo Tarma) y Permiano inferior (Grupo Copacabana).

Kiangsiella pinguis CHRONIC. Colectado en el cerro Tacone, Prov. de Carabaya, en calizas del Grupo Copacabana; asimismo dentro de éste grupo ha sido hallado en el cerro Picchu, cerca a Huascatay; y en cerro Ampay (Abancay), en calizas masivas de color gris; y en Huanta en la zona sud-central en calizas de color gris azuladas.

Otros elementos faunísticos con características externas mal conservadas, han sido identificadas a nivel genérico.

Crurithyris sp. organismo de amplio rango; en el Perú se ha colectado en el Devoniano (Grupo Cabanillas), en el Carbonífero superior (Grupo Tarma), entre Tarma y La Oroya, 2 Km. al O. de Tarma ; en sedimentos lutaceos de color oscuro a gris claro; en el cerro Pan de Azúcar de Las Montañas de Los Amotapes, en lutitas de la Formación Cerro Prieto.; y en el Permiano inferior (Grupo Copacabana), en Tinta a 12 1/2 Km. al NO. de Sicuani en calizas gris claro, pero es muy raro hallarlo; en la Hacienda Tío , valle del Vilcanota dónde son comunes; también se ha colectado en Tarma en lutitas y en Huanta en calizas.

Omphalotrochus sp. (Lámina IV,Foto 20).Gasterópodo que ha sido hallado en diversos cuadrángulos del sur del Perú, así como Nuñoa, Macusani, La Rinconada; y en otras áreas de los departamentos de Puno, Apurímac y Cuzco; asimismo en Huanta; valle de Vilcanota; cerca de Tarma en calizas masivas del Grupo Copacabana. En el Perú existen formas de Omphalotrochus como: O. antiquus y O. obtusispira.

En algunos países de América del norte y del sur, el Omphalotrochus sp., forma parte de los sedimentos del Permiano inferior, pero también forma parte de la fauna del Pensilvaniano. En Bolivia es frecuente hallarlo en el Permiano inferior.

PALEOECOLOGIA

La diversidad de fauna graptolítica hallada en buen estado, de éste cuadrángulo nos permite afirmar que en el Ordoviciano inferior existieron graptolites planctónicos, flotando a diversas profundidades y que éstos se depositaron en facies de aguas frías y moderadamente profundas; generalmente se hallan en la región eugeosinclinal, donde la conservación es favorecida por los sedimentos finos, por la disminución de las corrientes y por la escasez de organismos destructores. El proceso transgresivo durante este período, alcanzó su mayor expansión y profundización de la cuenca entre el Arenigiano y Llanvirniano.

La presencia del coral rugoso Heterophrentis sp. de edad Devoniana, nos confirma un mar de ambiente somero y de aguas cálidas, ya que éstos ejemplares necesitan de un mar oxigenado y con bastante claridad, para su desarrollo.

La determinación de escasos Calamites sp. y de los poliquetos como: Chondrites sp. y Scalarituba sp.; nos indica la depositación de facies en aguas litorales y de climas cálidos y húmedos, en el Misisipiano; debido a que los poliquetos tienen mejor desarrollo de vida en este sector y su habitat son los medios arenosos.

En el Carbonífero superior (Pensilvaniano) y Permiano inferior, se depositaron facies calcareas, con intercalaciones de areniscas y lutitas, en zona de poca profundidad y donde las aguas de los mares fueron tranquilas.

La fauna del Pensilvaniano y del Permiano inferior son de afinidad Tethiana. Las especies pensilvanianas de braquiópodos como: Neospirifer cóndor, Neospirifer cameratus, Lissochonetes sp., Linoproductus cora, Kochiproductus cf. K. peruvianus, son de particular interés porque ellos se comparan estrechamente con la fauna de la Formación Itaituba del pensilvaniano, en la cuenca Amazónica del Brasil.

Las facies de carbonato del Grupo Tarma de este cuadrángulo, cambia a una facies más clástica (incluyendo depósitos glaciógenos) en la dirección del Lago Titicaca y más hacia el sur, en Bolivia.

El Carbonífero glacial es seguido bruscamente por una secuencia de evaporita carbonatada predominantemente marina (Grupo Copacabana), conteniendo diversidad de fauna indicativa del Tethiano, de condiciones subtropicales, tal como lo demuestra la presencia de braquiópodos de tamaños regulares a grandes.

REFERENCIAS

- ACEÑOLAZA, F. 1982. «El Sistema Ordovícico en Sudamérica» Acta Geol. Lilloana Vol. 16, N° 1
- ALDANA, M. 1996. «Apéndice Paleontológico del Cuadrángulo de Macusani» INGEMMET. Archivo de Paleontología Inédito.
- BRANIZA, L. 1965. «Los Fósiles Guías de Bolivia» Serv. Geol. de Bolivia Bol. N° 6
- HUGHES & RICKARDS, 1980. «The Ordovician Fauna From the Contaya formation of Eastern Peru Geol. Magazine Vol. 117 N° 1
- LEMON & CRANSWICK, 1956. «Graptolites from Huacar Peru» Publ. Museo de Historia Natural «Javier Prado». UNMSM Serie C. Geología N° 5
- MOORE, LALICKER, FISCHER, 1952. «Invertebrate Fossils» New York. Toronto. London McGraw-Hill Book Company, INC.
- NEWELL & TAFUR, 1943. «Ordovícico Fossilífero en la Selva Oriental del Perú» Bol. Soc. Geol. del Perú, Tomo XIV
- ROCHA-CAMPOS & DOS SANTOS, 1981. «Contributions to Late Paleozoic Paleoclimatology of South America 1970-1979» Anais Da Academia Brasileira de Ciencias. Vol. 53 N° 2

LÀMINAS

PALEONTOLOGICAS

LAMINA I

ORDOVICIANO

Grupo San José

Foto N° 1.- Didymograptus aff. D. extensus (HALL) X 1
EDAD.- Arenigiano inferior – medio
LOCALIDAD.-Apacheta Wayna. Distrito Phara. Sandia

Foto N 2.- Didymograptus aff. D. extensus (HALL) X 2
EDAD.- Arenigiano inferior - medio
LOCALIDAD.-Apacheta Wayna. Distrito Phara. Sandia



FOTO N° 1



FOTO N° 2

LAMINA II

ORDOVICIANO

Grupo San José

Foto N° 3.- *Tetragraptus quadribrachiatus* (HALL) X 1.13
EDAD.- Arenigiano inferior - Llanvirniano inf.
LOCALIDAD.-Apacheta Wayna. Distrito Phara. Sandia

Foto N° 4.- *Didymograptus serratulus* (HALL) X 1.23
Glossograptus cf. *G. ciliatus* EMMONS
EDAD.- Llanvirniano
LOCALIDAD.-Macho. Distrito Phara y Patambuco. Sandia



FOTO N° 3



FOTO N° 4

LAMINA III

ORDOVICIANO

Grupo San José

Foto N° 5.- *Diplograptus* cf. *D. foliaceus* (MURCHISON) X 1.40
 Loganograptus cf. *L. logani* (HALL)
 EDAD.- Llanvirniano
 LOCALIDAD.- Wayna. Distrito Phara, Prov. Sandia

Foto N° 6.- *Didymograptus* cf. *D. pluto* JENKINS X 1.3
 Glyptograptus cf. *G. euglyphus pymaeus* n. sp.
 EDAD.- Llanvirniano
 LOCALIDAD.- Wayna. Distrito Phara, Prov. Sandia



FOTO N° 5



FOTO N° 6

LAMINA IV

ORDOVICIANO

Grupo San José

Foto N° 7, 8 *Didymograptus* cf. *D. spinulosus* PERNER X 2 y X 3/48
EDAD.- Llanvirniano inferior
LOCALIDAD.-Wayna. Distrito Phara, Prov. Sandia

Foto N° 9.- *Didymograptus* bífido (HALL) X 1.1/2
Climacograptus tubulíferus LAPW.
EDAD.- Llanvirniano inferior
LOCALIDAD.-Wayna. Distrito Phara, Prov. Sandia

Foto N° 10.- *Glossograptus ciliatus* EMMONS X 2
Didymograptus cf. *D. spinulosus* PERNER
EDAD.- Llanvirniano inferior
LOCALIDAD.-Wayna. Distrito Phara, Prov. Sandia



FOTO N° 7



FOTO N° 8



FOTO N° 9



FOTO N° 10

LAMINA V

ORDOVICIANO

Grupo San José

Foto N° 11.- Didymograptus cf. D. spinulosus PERNER X 2
Didymograptus cf. D. sagitticaulis GURLEY
EDAD.- Llanvirniano inferior
LOCALIDAD.- Wayna. Distrito Phara, Prov. Sandia

PALEOZOICO

Grupo Tarma

Foto N° 12.- Myalina cf. M. wyomingensi (LEA) X 2
Syringothyris sp. X 2
EDAD.- Pensilvaniano
LOCALIDAD.- Chojnejota, Distrito Usicayas, Prov. Macusani

Foto N° 13, 13a.- Lophophyllidium sp. X 5/7, X 2
EDAD.- Pensilvaniano - Permiano inferior
LOCALIDAD.- Distrito Crucero. Prov. Macusani.

Foto N° 14.- Neospirifer cf. N. cameratus (MORTON) X 2
EDAD.- Pensilvaniano
LOCALIDAD.- Distrito Crucero, Prov. Macusani.



FOTO N° 11



FOTO N° 12



FOTO N° 13



FOTO N° 13A



FOTO N° 14

LAMINA VI

ORDOVICIANO

Grupo San José

- Foto N° 15.- Neospirifer cf. *N. cameratus* (MORTON) X 2
EDAD.- Pensilvaniano
LOCALIDAD.- Distrito Crucero, Prov. Macusani.
- Foto N° 16.- Kochiproductus cf. *K. peruvianus* (D'ORB.) X 2
EDAD.- Pensilvaniano
LOCALIDAD.- Chojnejota, Distrito Usicayas, Prov. Macusani
- Foto N° 17.- Buxtonia peruviana (D'ORBIGNY) X 2
EDAD.- Pensilvaniano
LOCALIDAD.- Chojnejota, Distrito Usicayas, Prov. Macusani
- Foto N° 18, 18a.- Linoproductus cora (D'ORBIGNY) X 2
EDAD.- Pensilvaniano medio - Permiano
LOCALIDAD.- S/L. Cuadrángulo de Limbani
- Foto N° 19.- Spiriferella sp. X 0.77
EDAD.- Pensilvaniano - Permiano inferior
LOCALIDAD.- Distrito Crucero, Prov. Macusani
- Foto N° 20.- Caliza bioclástica, con fragmentos de Neospirifer cameratus (MORTON). X 2
EDAD.- Pensilvaniano - Permiano inferior
LOCALIDAD.- Distrito Crucero, Prov. Macusani



FOTO N° 15



FOTO N° 16



FOTO N° 17



FOTO N° 18



FOTO N° 18A



FOTO N° 19



FOTO N° 20

LAMINA VII

PALEOZOICO

Grupo Copacabana

- Foto N° 21.- Omphalotrochus sp. X 2
EDAD.- Permiano
LOCALIDAD.- Distrito Crucero, Prov. Macusani
- Foto N° 22.- Neospirifer cóndor (D'ORBIGNY) X 1.61
EDAD.- Permiano inferior
LOCALIDAD.- Distrito Crucero, Prov. Macusani
- Foto N° 23.- Stereochia inca (D'ORBIGNY) X 1.71
EDAD.- Permiano inferior
LOCALIDAD.- Distrito Crucero, Prov. Macusani
- Foto N° 24.- Orthoceratidae ind. X 0.58
EDAD.- Ordoviciano - Triásico
LOCALIDAD.- Oeste de Laguna Cocaña Cocha. Prov. Carabaya
- Foto N° 25.- Chondrites sp. X 2
EDAD.- Cambriano - Terciario
LOCALIDAD.- Distrito Crucero, Prov. Macusani



FOTO N° 21



FOTO N° 22



FOTO N° 23



FOTO N° 24



FOTO N° 25



INGEMMET

