

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

---

**MEMORIA DESCRIPTIVA DE LA REVISIÓN Y  
ACTUALIZACIÓN DE LOS CUADRÁNGULOS DE  
HUANCANÉ (31-x), MOHO (31-y) E  
ISLA SOTO (32-y)**

**Escala 1:100 000**

**Por:**  
**Robert W. Monge Miguel**  
**César Montoya Pérez**

---

 **INGEMMET**

Lima - Perú  
Marzo 2003



## Contenido

Resumen .....	1
Introducción .....	3
Aportes .....	4
Geografía .....	5
Unidades Geográficas .....	5
Regiones Naturales .....	5
Clima .....	5
Vegetación .....	6
Hidrografía .....	6
Geomorfología .....	7
Zona de Pampas .....	7
Zona de Lagos .....	7
Montañas Chupa-Huancané-Moho-Tilali .....	7
Estratigrafía .....	9
Paleozoico inferior .....	9
Formación Chagrapi .....	9
Paleozoico superior .....	11
Grupo Tarma-Copacabana .....	11
Grupo Mitu .....	11
Mesozoico .....	11
Jurásico .....	11
Formación Muni .....	11
Cretáceo .....	12
Formación Huancané .....	12
Grupo Moho .....	12
Formación Ayavacas .....	13
Formación Vilquechico .....	13
Formación Auzangate .....	14
Cenozoico .....	14
Paleógeno .....	14
Formación Muñani .....	14
Grupo Puno .....	14

---

Grupo Tacaza .....	15
Formación Azángaro .....	15
Depósito de Morrenas .....	15
Depósitos Aluviales .....	15
Depósitos Fluviales .....	16
Rocas Intrusivas .....	17
Macizo de Chupa .....	17
Macizo de Cala Cala .....	18
Volcánicos de Conima-Cambria .....	18
Andesita basáltica .....	18
Latiandesita .....	18
Geología Estructural .....	19
Dominio Suroeste .....	19
Dominio Central (Faja Corrida y Plegada) .....	19
Dominio Noreste .....	20
Geología Económica .....	21
Calizas .....	21
Yeso .....	21
Roca Ornamental .....	21
Yacimiento de Hidrocarburos de Pirin .....	22
Bibliografía .....	23
Anexo Fotográfico .....	25

## Resumen

Los cuadrángulos de Huancané, Moho e Isla Soto se encuentran ubicados en el departamento de Puno al noreste de la ciudad de Juliaca. Morfológicamente se encuentra en el Altiplano, en la parte norte del lago Titicaca.

El área de estudio consiste de una sucesión de unidades estratigráficas: El Paleozoico inferior está representado por la Formación Chagrapi, donde se han diferenciado dos unidades: inferior y superior. El Paleozoico superior está conformado por el Grupo Tarma-Copacabana que aflora restringidamente. Sobreyaciendo a todas estas unidades se encuentra el Grupo Mitu que está compuesto por areniscas y conglomerados. El Mesozoico está representado por la Formación Muni predominantemente constituida por lodolitas, las que hacia el tope transicionalmente pasan a una unidad fluvioeólica, que corresponde a la Formación Huancané, concordantemente a ésta sobreyace el Grupo Moho que está compuesto de lodolitas y areniscas rojizas, en la que destacan las calizas de la Formación Ayavacas, las que localmente conforman un olistroma, retrabajando sedimentos anteriores. Suprayaciendo se encuentra la Formación Vilquechico que está constituida por limolitas y areniscas verde violáceas en capas delgadas, seguido y concordantemente se observa a la Formación Auzangate, constituida por areniscas y lodolitas rojizas, que contrastan con la unidad infrayacente. Así mismo, suprayaciendo concordantemente a la Formación Auzangate se encuentra la Formación Muñani conformada por una sucesión de estratos de grano creciente de areniscas rojizas. En contacto fallado y discordantemente sobreyace el Grupo Puno así como unidades más jóvenes como la Formación Azángaro y depósitos recientes, que rellenan estas cuencas.

La actividad magmática de la zona de estudio corresponden al Mioceno inferior donde se emplazaron intrusivos como granodioritas y tonalitas, ligadas posiblemente a fallas. Así mismo se encuentran algunas manifestaciones volcánicas que corresponden a la Formación Tacaza.

La zona se caracteriza por tres dominios estructurales: Dominio Suroeste, Dominio Central y Dominio Noreste, la más resaltante es el Dominio Central que es una faja plegada y fallada que corresponden a un apilamiento tectónico de escamas y el Dominio Noreste constituido por anticlinales y sinclinales de rumbo NO-SE.

En el aspecto económico lo más resaltante e importante es el yacimiento petrolífero de Pirín, el único que fue explotado en los Andes Centrales.

Seguidamente se encuentran los yacimientos no metálicos, como las calizas Ayavacas, travertino y yeso.

## Introducción

El presente trabajo se realizó como parte de las actividades del INGEMMET; y siguiendo el programa de actualización y revisión de la Franja N° 2 del sur del Perú.

Los cuadrángulos de Huancané (31-x), Moho (31-y) e Isla Soto (32-y) se ubican en el Altiplano del sur del Perú y están comprendidos entre las coordenadas geográficas:

Latitud sur            15° 00' y 15° 30'

Longitud oeste        70° 00' y 69° 07'

Abarcan una superficie aproximada de 4 400 km<sup>2</sup> comprendiendo a las provincias de Huancané, Moho y parte de Azángaro del departamento de Puno.

Se puede acceder a la zona estudiada por las carreteras Juliaca-Huancané-Vilquechico-Cojata, Huancané-Moho-Ninantaya-Tilali (frontera con Bolivia), Juliaca-Huatasane-Putina y la carretera que une Juliaca-Chupa-Airampuni.

Los trabajos de campo fueron realizados en los meses de abril a octubre distribuidas en tres salidas al campo, durante los cuales se hizo el cartografiado del área estudiada con métodos convencionales en el cartografiado geológico de tipo regional; la toma de datos y delimitación de contactos geológicos los que fueron ploteados directamente sobre fotografías aéreas del tipo USAF a escala 1/40 000, y en imágenes de satélite Landsat 5, bandas (7,4,2) RGB, luego en gabinete esta información se transfirió a un mapa topográfico a escala 1/50 000, en campo se midieron secciones estratigráficas que representan en gran parte la secuencia del área de estudio, también se recolectaron muestras de rocas para análisis geoquímico, petrográfico y muestras de fósiles, para el estudio paleontológico. Asimismo se tomaron muestras de rocas plutónicas y volcánicas para la datación isotópica correspondiente.

Los trabajos que se publicaron anteriormente sobre la estratigrafía de la región del lago Titicaca (Altiplano peruano) son numerosos. Cabe mencionar a NEWELL, (1945, 1946, 1949); AUDEBAUD, (1971); DE JONG, (1974); PORTUGAL, (1974); AUDEBAUD et al., (1976); LAUBACHER, (1978); ELLISON, (1985); KLINCK et al. (1986); PALACIOS y ELLISON, (1986); BATTY y JAILLARD, (1989); LAUBACHER y MAROCCO, (1990); JAILLARD y SANTANDER, (1992); PALACIOS et al., (1993), y JAILLARD, (1995).

## Aportes

En los cuadrángulos de Huancané (31-x), Moho (31-y), e Isla Soto (32-y) se ha cartografiado la geología variando considerablemente los mapas geológicos con los siguientes aportes:

- En la hoja de Huancané, el Paleozoico inferior está representado por la Formación Chagrapi donde se han diferenciado dos unidades: inferior y superior.
- Al este de Inchupalla, en el cerro Huarimuña, cuadrángulo de Huancané estaba cartografiado como Grupo Moho, mientras que en el presente estudio se le considera como Formación Chagrapi del Paleozoico inferior.
- A la Formación Chupa se le ha renombrado como Grupo Mitu, localizado al norte del poblado del mismo nombre.
- Asimismo en el extremo noroeste del cuadrángulo de Huancané, entre Chupa y Ayrampuni lo que anteriormente fue cartografiado como Formación Muni, en el presente trabajo se le ha renombrado y diferenciado en unidades como Grupo Moho, Formación Vilquechico y Formación Auzangate.
- Al noroeste de la hoja de Huancané, próximo a la hacienda Cala Cala se reporta un intrusivo tonalítico denominado intrusivo Cala Cala
- La Formación Cotacucho que anteriormente fue cartografiada en gran parte del área se le excluye de la hoja, esta unidad se correlaciona en parte con la Formación Huancané y en otras con la base del Grupo Moho. La formación Cotacucho en la localidad tipo, próximo al poblado del mismo nombre es la secuencia silicoclástica que corresponde a la Formación Huancané.
- En el sinclinal de Vilquechico se ha rebautizado a la Formación Muñani como Formación Auzangate.
- En la Punta Imanco, al sur de Vilquechico aflora discordante a la secuencia mesozoica una secuencia volcánica que se correlaciona con el Grupo Tacaza.
- En las localidades de Huarizane, Punta Arcopunco, Playa Chacane localizadas al sur de Huancané, al borde del lago, inicialmente fue cartografiado como Formación Muni, ahora ha sido

renombrada como Formación Vilquechico y Formación Auzangate. En las proximidades de dichas localidades afloran rocas volcánicas del Grupo Tacaza.

- Al suroeste de la hoja de Huancané, los afloramientos en los alrededores de Pusi anteriormente cartografiado en forma general como Formación Sipín, ahora se han redefinido como Formación Muni con su Miembro Sipín. También afloran las formaciones Huancané y Ayavacas y el Grupo Puno fallada con la Formación Muñani.
- El Miembro Lluçamalla también es renombrado como Formación Huancané.
- Al SE de la hoja de Huancané, entre Porocucho, Chicocollo y la hacienda Chayo se renombra al Grupo Moho como Formación Vilquechico y Formación Auzangate.
- En lo que concierne a depósitos recientes se han diferenciado en coluviales, aluviales, fluviales y depósitos palustres.
- En la hoja de Moho, próximo a la frontera con Bolivia, entre los hitos 20 y 25, se ha reconocido una secuencia del paleozoico inferior, correlacionable con la Formación Chagrapi.
- Asimismo a lo largo de la frontera Perú Bolivia, toda la secuencia que aflora como Formación Cotacucho se redefine como Formación Huancané, Grupo Moho y Formación Vilquechico.
- En la secuencia del Cretáceo superior designada como Formación Vilquechico se ha diferenciado dos unidades: inferior y superior.
- En la Península de Huata secuencias anteriormente cartografiadas como Formación Muni, han sido renombradas como Formación Chagrapi.
- Entre Moho Ninantaya, Chujucuyo, río Collpate, Huanalacaya y Tilali, anteriormente se identificó al Grupo Moho de manera muy general, ahora se ha cartografiado incluyéndole las formaciones Vilquechico y Auzangate.
- Estructuralmente se ha reconocido hacia el SO de la zona de estudio fallas regionales y locales con pliegues formando anticlinales y sinclinales en algunos casos tumbados que corresponden a una zona de faja plegada y corrida, hacia el NE se encuentra otra zona con menor deformación.



# Geografía

En el área que involucra los cuadrángulos de Huancané, Moho e Isla Soto, las altitudes varían de 4 000 a 4 500 msnm y en éstas se muestran una topografía, moderada, ondulada a ligeramente abrupta hacia el borde del lago Titicaca el que refleja marcadamente la litología de la región: Cerros redondeados, suaves y pendientes moderadamente inclinadas indican la existencia de rocas sedimentarias. Estas superficies contrastan bruscamente con las pendientes abruptas que se observan donde afloran calizas y areniscas cuarzosas, tal como sucede en algunas partes donde son cortadas por pequeñas quebradas como la bajada a Moho, quebrada Conima, Chupa-Airampuni, etc.

## Unidades Geográficas

**Relieves Peneplanizados.**- Esta unidad se ubica a lo largo del área de estudio conformando parte del Altiplano del sur del Perú. Estas planicies han sido labradas en rocas preferentemente sedimentarias, con muy pocas volcánicas e intrusivas con altitudes que varían entre 3 800 y 4 600 msnm. Esta unidad limita con las estribaciones de la Cordillera Occidental y Cordillera Oriental.

## Regiones Naturales

De acuerdo con la clasificación de las regiones naturales realizada por Pulgar Vidal, (1986), los cuadrángulos de Huancané y Moho tienen la siguiente región natural:

**Región Puna.**- Se extiende entre los 4 000 y 4 800 msnm, en ella se ubican lagunas de origen glaciar. El relieve se encuentra conformado por una agrupación de colinas bastante onduladas y suaves, afectadas por erosión glaciar.

## Clima

Los diversos climas reconocidos en los cuadrángulos de Huancané y Moho se basan en el grado de favorabilidad a la humedad y a las temperaturas ambientales para la vida de las plantas, se determinó la alternancia de una estación de lluvias (diciembre a marzo) y una estación seca (abril a noviembre).

El clima sobre los 4 800 msnm se denomina «*Piso Nival*» según Tosi, (1960) y se caracteriza por registrar intenso frío, principalmente en las noches cuando nieva; mientras que en el día se registran temperaturas más altas. Las bajas temperaturas no permiten mucha evapotranspiración. El contenido de oxígeno es bajo, lo que origina sequedad en el ambiente.

El clima que corresponde al borde de los lagos Titicaca y Arapa, se puede denominar «*clima de rivera*». El origen de esta variable climática se encuentra en la acción termo-reguladora de los lagos, que consiste en la absorción de calor en el día y la pérdida lenta del mismo por la noche, permitiendo mantener constante la temperatura promedio que oscila entre 9,5 °C y 5,5 °C favoreciendo la actividad agrícola, debido a que el fenómeno descrito evita las caídas extremas de la temperatura.

**Precipitación pluvial.**- Por encontrarse ubicado en la región del Altiplano, las mayores precipitaciones se registran entre los meses de diciembre y marzo. Durante los meses de abril a noviembre la característica principal es la ausencia de lluvias y por ende muy bajos los valores de humedad relativa en los meses de junio, julio y agosto (SENAMHI).

## **Vegetación**

**Zona de puna.**- Donde se encuentra el «Páramo muy húmedo Subandino» y la «Tundra pluvial alpina»

El «Páramo muy húmedo Subandino» entre los 4 000 y 4 500 m de altura. Aquí la vegetación natural es tupida y principalmente está conformada por ichu, que sirve de alimento al ganado. También se observan quinales y eucaliptos.

Sobre los 4 500 m de altura se ubica la «tundra pluvial alpina» en la que la vegetación es muy rala y consiste de plantas pequeñas y arbustos bajos.

La única posibilidad que ofrece la región Puna, en cuanto a la utilización del suelo es la ganadería de ovinos y auquénidos.

## **Hidrografía**

El eje de la divisoria hidrográfica que separa la cuenca del Titicaca y la del río Amazonas, se encuentra al norte del área, en la denominada Cordillera de Carabaya-Sandía, la que a su vez tiene sus nacientes en la cuenca endorreica del Altiplano correspondiente a la zona de estudio. Los principales ríos que atraviesan las áreas materia del estudio son: Putina, Huancané y Ramis, que desaguan en el lago Titicaca, el río Suches (frontera con Bolivia) que se prolonga a territorio boliviano.

# Geomorfología

**Unidades geomorfológicas.-** La región estudiada está caracterizada regionalmente, por la presencia de varias unidades como la Cordillera Oriental, la Cordillera Occidental y el Altiplano. Localmente el área de estudio se encuentra en el Altiplano, con unidades menores como Zona de Pampas, Zona de Lagos y Pequeñas Montañas y la pre Cordillera Carabaya.

## Zona de Pampas

Constituida principalmente por las depresiones de la cuenca Putina que se prolonga en este sector, ligadas a la depresión general del lago Titicaca. La zona de pampas tiene una dirección aproximada de NO-SE, con una altitud aproximada de 3 800 a 4 000 msnm. Está constituida por una litología de areniscas, limolitas y conglomerados de medio lacustre de edad plio-cuaternaria

## Zona de Lagos

Conformada por los lagos Titicaca y Arapa, localizada ligeramente al suroeste del área de estudio, dentro de la depresión central del Altiplano, con una orientación NO-SE abarcando gran extensión de área. Los lagos se encuentran a una altura promedio de 3 810 m y pueden variar su volumen en la estación lluviosa de invierno llegando incluso a inundar zonas agrícolas ribereñas

## Montañas Chupa-Huancané-Moho-Tilali

Conformado por una sucesión de pequeñas elevaciones entre los 4 100 y 4 800 msnm que tienen una orientación NO-SE y que presentan una morfología ligeramente abrupta, resaltando algunos cerros empinados como Pichacani, Mujune, Imango, Tucopaca Chotoque, Collincollo Pata, Ichumite, Pallate, Pucará, Hualcane, Yanarico, etc. Litológicamente están conformados por rocas del Mesozoico, que se encuentran falladas y plegadas.



# Estratigrafía

En los cuadrángulos de Huancané, Moho e Isla Soto la estratigrafía está constituida por unidades litológicas con edades que varían desde el Paleozoico hasta el reciente (ver columna en Fig. N° 1)

## Paleozoico inferior

### Formación Chagrapi

Descrita en los alrededores del poblado del mismo nombre por NEWELL, (1949), en el cuadrángulo de Puno, en la hoja de Huancané esta unidad está bien expuesta al sur de Taraco, en el cerro Imarocos (Foto N° 1), conformado por una intercalación de limoarcillitas gris oscuras a carbonosas con arenisca grauvacas pardo oscuras en capas medianas a delgadas bien estratificadas. Conforman una secuencia de grano creciente, hacia la base predominan las limoarcillitas y hacia el tope predominan las areniscas cuarzosas en capas gruesas, en algunos niveles presentan nódulos redondeados de naturaleza ferrosa, en cuyo interior se encuentran restos de fósiles como trilobites y braquiópodos, tal como se reportan en el presente estudio: *Phacos orurensis* BONARELLI, *Metacryphacus convexus* (ULRICH), *Nephriticeras sicasicaensis* (KOZLOWSKI), *Mesoconularia Ulrichona* (CLARKE), *Nuculites pacatus* REED, todos corresponden predominantemente al Devónico inferior. Se correlaciona a la parte superior con el Grupo Cabanillas y la secuencia inferior con la Formación Ananea.

Así mismo en la zona norte de la laguna de Arapa aflora también esta secuencia donde se diferencian dos unidades:

**Unidad inferior**, constituida litológicamente por una secuencia de pizarras negras a gris oscuras, en capas delgadas característicamente laminar y fisibles que se intercalan con esporádicos niveles de arenisca gris oscura de grano fino en capas delgadas tabulares presentando un fuerte buzamiento hacia el NE, tal como se observa en Punta Ocoisla, Bichoco, Pati Pampa, Malqueña y Titihue.

**Unidad superior**, aflora al NE del cerro Imango, hacia la base está constituida litológicamente por areniscas cuarzosas de grano medio a fino en capas gruesas a mediana de color gris oscuro a gris blanquecino, se inter-

## Columna Estratigráfica de los cuadrángulos de Huancané, Moho e Isla Soto

Eratema	Sistema	Serie	Unidad Litoestratigráfica	Grosor (m)	Litología	Descripción	
CENOZOICA	CUATERNARIO	Holocena	Dep. palustre reciente			Limolitas y areniscas limosas beigeas.	
			Dep. travertino			Travertino en capas delgadas laminadas.	
			Dep. fluvial			Gravas, arenas redondeadas con buena clasificación.	
			Dep. coluvial			Material fragmentario, heterogéneos en forma y tamaño.	
		Pleistocena	Dep. aluvial			Compuestas de arcillas, limos y arenas no consolidadas.	
			Dep. morrenas			Compuestas de till sin estratificación.	
	NEÓGENO	Pliocena	Fm. Azángaro	50		Limos y arenas de grano fino en capas delgadas.	
		Miocena	Grupo Tacaza	150		Flujos andesíticos, latíandesitas, tobas, brechas y areniscas vulcanoclásticas.	
	PALEÓGENO	Oligocena	Grupo Puno	150		Disc. ang.	
						Disc. ang.	
Paleocena		Fm. Muñani	100	Areniscas y limoarcillitas marrón rojizas de grano fino a grueso.			
MESOZOICA	CRETÁCEO	Superior	Fm. Auzangate	200	Areniscas rojizas con niveles de lodolitas. Limoarcillitas gris oscuras con niveles de areniscas.		
			Fm. Vilquechico	500	Areniscas cuarzosas blancas Granodiorita tonalita porfírica que intruye el Cretáceo y Paleógeno.		
					Areniscas arcóscas y limolitas rojas.		
					Areniscas cuarzosas blanco rosáceas.		
		Inferior	Grupo Moho		650	Areniscas cuarzosas blanco rosáceas.	
				Fm. Ayavacas		Calizas laminadas ligeramente espáticas Areniscas y limoarcillitas rojizas.	
				Fm. Huancané		450	Areniscas cuarzosas blanquecinas, rojizas y beigeas. Capas medianas bien clasificadas con estructuras de estratificación sesgada.
		JURÁSICO	Superior	Fm. Muni	500	Limolitas rojizas a brunáceas en capas delgadas y niveles de areniscas cuarzosas y yeso con niveles de lodolitas rojas.	
						Mbro. Sipín	Secuencias de calizas algo alteradas con presencia de limos areniscosos.
						Secuencias de areniscas rojizas con presencia de conglomerados y brechas.	
PALEOZOICA	SUPERIOR	PÉRMICO	Superior	Grupo Mitu	50	Calizas gris claras con nódulos de chert en estratos tabulares, con presencia de fósiles.	
			Inferior	Grupo Copacabana	150	Areniscas cuarzosas verdes y limolitas grises.	
	INFERIOR	CARBONÍFERO	Superior	Grupo Tarma		Disc. ang.	
		DEVÓNICO		Formación Chagrapí	Sup	1000	Capas delgadas de areniscas y limolitas con lutitas nodulares.
					Inf		Pelitas gris oscuras laminadas, con pizarras y niveles de areniscas cuarzosas de grano fino en capas delgadas micáceas, con presencia de fósiles.

Fig. N° 1

calan esporádicos niveles de limoarcillitas pizarrosas laminada en capas delgadas. Hacia el tope la proporción de areniscas cuarzosas predomina y se hacen más evidentes las areniscas micáceas.

En el cuadrángulo de Moho, el paleozoico se encuentra expuesto al SE, en la frontera con Bolivia desde el hito 20 hasta el 25, conformado por los cerros Lacaco, Pecañe, Pamjasi, hasta la hacienda Pacchani y se prolonga hacia el territorio boliviano. Litológicamente está constituido, por una secuencia pelítica pizarrosa característicamente laminar intercalada por capas gruesas de areniscas de grano medio a fino micáceo. Así mismo en la hoja de Moho aflora en la península de Huata ubicada al SE de Conima, predominantemente areniscas cuarzosas gris blanquecinas en capas gruesas e intercaladas con esporádicos niveles de limoarcillitas pizarrosas gris oscura.

En la hoja de Isla Soto, afloran exclusivamente una alternancia de limoarcillitas micáceas característicamente laminar, fisibles con areniscas cuarzosas micáceas, en capas delgadas a medianas y tabulares con fuerte buzamiento al NE (Foto N° 2).

## Paleozoico superior

### Grupo Tarma-Copacabana

El Grupo Tarma fue denominado así por DUMBAR y NEWELL, (1946) para referirse a una secuencia arcillo-calcárea que aflora en el Perú Central. Sobre el Grupo Copacabana, Douglas, describe por primera vez una secuencia calcáreo-pelítica en la península de Copacabana, en el lago Titicaca, Bolivia. Así mismo, AUDEBAUD, describe una secuencia de arenisca-pelítica calcárea en el cuadrángulo de Sicuani y la atribuye al Grupo Tarma y parte inferior del Grupo Copacabana. Este grupo aflora en forma limitada en el cuadrángulo de Huancané al este del cerro Imango ubicado al sur de Yucarape, antigua carretera Huancané-Chupa. Litológicamente consta hacia la base de una secuencia de areniscas de grano medio a grueso en capas medianas y en menor proporción limolitas en capas delgadas de color característico verde a beige. Hacia la parte superior las areniscas se intercalan con niveles de calizas espáticas a

micríticas predominando estas últimas. Se presenta en capas gruesas, con un aspecto macivo y la presencia de abundantes fósiles como: *Neospirifer condor* D'ORBIGNY, *Stereochia* (D'ORBIGNY), *Neospirifer* cf. *N. Cameratus* (MORTON), *Linoproductus* sp. Crinoideos ind. (tallo), *Derbya buchi* D'ORBIGNY, *Kochiproductus* sp., etc.

Suprayace a la Formación Chagrapi e infrayace en contacto fallado a la Formación Muni. De acuerdo con los datos paleontológicos a esta unidad se le asigna la edad del Carbonífero superior, Pérmico inferior.

### Grupo Mitu

Mc LAUGHLIN, (1929) describe con este nombre a una secuencia de areniscas rojas del Pérmico expuestas en el Perú Central. En el sur del país, el Grupo Mitu tiene una gran extensión y desarrollo, sobre todo a lo largo del flanco SO de la Cordillera Oriental y parte del Altiplano. En el área de estudio el Grupo Mitu aflora en forma muy limitada sólo en el cuadrángulo de Huancané al SE del poblado de Chupa, en las proximidades del poblado de Bichoco. Se presenta en forma aislada suprayaciendo en discordancia erosional a la secuencia del Paleozoico inferior (Formación Chagrapi). Litológicamente hacia la base está constituida por limolitas rojizas a brunáceas y areniscas beiges, cortada por canal de conglomerados y olistolitos de cuarcitas y pizarras de la Formación Chagrapi, al tope se encuentra una secuencia de conglomerados con capas aisladas de areniscas cuarzosas, los clastos predominantemente son de calizas y chert del Grupo Copacabana (Foto N° 3). Esta secuencia de grano creciente es interpretada como una progradación de un sistema fluvial próximo sobre un sistema fluvial distal. Esta unidad infrayace en contacto fallado a la Formación Muni.

## Mesozoico

### Jurásico

#### Formación Muni

El término fue introducido por Newell, (1945-1949) para una secuencia que aflora en los alrededores de la hacienda Muni y que se extiende regionalmente desde el Altiplano hasta la cuenca Putina, al norte del lago Titicaca, en los

cuadrángulos de Moho y Huancané, donde se encuentra mejor expuesta y controlada principalmente por fallas inversas.

Litológicamente la Formación Muni está conformada por limolitas rojas, cuyas facies representan depósitos de llanura aluvial distal a llanura costera, por contener algunos niveles de calizas marinas predominantemente hacia la base a la que se denominó Miembro Sipín (NEWELL, 1949).

En la parte superior se observan intercalaciones de limolitas, lodolitas con areniscas que nos indican una evolución transicional hacia un ambiente fluvioeólico, pasando en forma progresiva a la Formación Huancané.

Al suroeste de Inchipalla en Lloccolocco, Pullune y quebrada Pacchacuyo (Foto N° 4) aflora una secuencia pelítica laminada rojo brunácea con areniscas rojizas en capas delgadas y niveles de evaporitas. Esta unidad se encuentra infrayaciendo a la secuencia silicoclástica de la Formación Huancané.

Así mismo en otras áreas como en la quebrada Huallatire, Sacacane y quebrada Machacuya ubicados al norte de Vilquechico, Rosaspata y alrededores, el nivel inferior de la Formación Muni predominantemente está constituida por evaporitas, anhidritas, yeso intercaladas con lodolitas rojizas, etc. Esta unidad por lo general obedece a un control estructural porque se encuentra conformando el núcleo de anticlinales (Foto N° 5), infrayaciendo en concordancia a la Formación Huancané.

La edad que se le asigna es la del Cretáceo inferior, pudiendo llegar al Jurásico medio-superior (NEWELL, 1949; SAMPERE et al., 2000)

## Cretáceo

### Formación Huancané

Definida por NEWELL, (1945, 1949) en los alrededores del poblado de Huancané, los afloramientos de esta formación se presentan en todo el altiplano, tanto al E como al O del lago Titicaca, habiéndose reconocido hasta en el Cusco. En el área de estudio aflora en las hojas de Huancané, Moho e Isla Soto. Litológicamente está constituida por areniscas cuarzosas y subarcosas de grano medio a grueso en capas de 0,5 hasta 2 m (Foto N° 6),

con estructura interna de estratificación sesgada de bajo y alto ángulo, que va de pequeña a gran escala, aunque a veces éstas se interrumpen (Foto N° 7). También presenta laminación interna paralela y ondulada, se intercala con algunos niveles muy marginales de lodolitas rojiza en capas delgadas, en la parte inferior de la secuencia donde se observa un nivel de conglomerado con clastos de 1 a 2 cm compuestos de cuarcitas.

En toda el área se puede diferenciar tres miembros de la Formación Huancané:

**Miembro inferior**, se trata de un paso progresivo de la Formación Muni, constituido por areniscas cuarzosas de grano medio, con canales estructura de estratificación sesgada y ondulitas intercaladas con niveles delgados de limolitas rojas, este nivel es el más representativo en la zona de estudio.

**Miembro medio**, constituido por conglomerados grano decreciente, con clastos de cuarzo lechoso con diámetros promedio de 2–3 cm inmersos en una matriz areniscosa. Se observan también areniscas cuarzosa blanquecinas con estructuras de paleocanales y laminaciones oblicuas. Otra característica son los pequeños diques sedimentarios debido a los movimientos tectónicos o de asentamiento producido durante la sedimentación

**Miembro superior**, Caracterizado por presentar una sucesión estratocreciente de areniscas cuarzosas de ambiente netamente eólico. Infrayace en contacto gradacional a una secuencia de areniscas rojizas del Grupo Moho

La Formación Huancané presenta una morfología bien conspicua cuyos afloramientos se repiten debido a los fallamientos inversos de alto ángulo y las estructuras de anticlinales tumbados. Descansa concordantemente sobre la Formación Muni, e infrayace al Grupo Moho. El grosor es muy variable oscilando entre 200 y 500 m. La edad en el Cretáceo inferior asignada, está de acuerdo a su posición y relación estratigráfica.

### Grupo Moho

NEWELL, (1945, 1949) lo designa como tal en el cuadrángulo de Moho. Sus afloramientos se localizan principalmente al norte del lago Titicaca, en



la zona imbricada que corresponde a los cuadrángulos de Huancané, Moho e Isla Soto y en toda la cuenca Putina. Litológicamente está constituido por areniscas de grano fino, limolitas y lodolitas predominantemente rojizas y niveles abigarrados, la unidad tiene un nivel guía constituido por caliza micrítica con caliza areniscosa grisácea, denominado Miembro Huatasane, que varía de 5 a 25 m de grosor.

El Grupo Moho en el área de estudio, es reconocido por las siguientes características:

La parte basal de la secuencia está dominada por sedimentos areniscosos de color marrón rojizo, grano medio a fino en capas delgadas a gruesas, seguido de una secuencia pelítica y limolitas rojas que se intercalan con areniscas, con algunos niveles abigarrados violáceos a verde grisáceos, luego sigue una secuencia de calizas denominada como Miembro Huatasane y en otros casos Formación Ayavacas (Foto N° 08), esta última denominación se asume en el presente estudio.

La parte superior del Grupo Moho está constituida por una secuencia de lodolitas rojizas intercalados con areniscas subarcosas rojizas en capas medianas tabulares, al tope se hace más marino y se encuentra infrayaciendo en concordancia a una secuencia de lutitas grises y violáceas de la Formación Vilquechico.

Los fósiles que se reportan en el presente estudio son *Ostrea (Exogira) mermeti* COQUAND, *Ostrea (Exogira) poligona* V. BUCH y *Weyla* sp. que indican la edad del Cenomaniano. Así mismo CABRERA & PETERSEN, (1936) reporta *Enallaster texanus* Roemer, *Holectypus planatus* Roemer, *Vola 5-costata* var *Morrisi*, *Turritela* sp., *Turritela* aff. *Vibrayeana* y *Mortoniceras peruanum* nos dan una edad Albiana. También NEWELL, (1949) *Epistreptopyllum*, *E. sp. Nov.*, *Orthopsis Titicaca* Cooke, sp. Nov., y Tetragrama del Cenomaniano. Por lo que al Grupo Moho se le asigna la edad del Albiano-Cenomaniano.

#### **Formación Ayavacas**

Denominada así por CABRERA LA ROSA Y PETERSEN, (1936), fue definida cerca de la localidad homónima ubicada 10 km al noreste de Juliaca. La Formación Ayavacas ha sido interpretada como

una megabrecha (SENSU SPENCE y TUCKER, 1997), es un olistroma, es decir que consiste de una acumulación de olistolitos. Su grosor puede sobrepasar varios centenares de metros. Esta unidad fue descrita por NEWELL, (1969) como Miembro inferior del Grupo Moho. En la zona de estudio aflora más conspicuamente en el extremo suroeste de la hoja de Huancané, en la península de Pusi, al este de Chupa. Litológicamente está constituido por una alternancia predominantemente de calizas espáticas a micríticas de color gris oscuro a gris claro en capas gruesas con limolitas areniscosas de color rojizo en capas delgadas, (Foto N° 9).

Esta formación fue depositada en un contexto tectónico extensional. El contacto basal de la Formación Ayavacas es un plano de deslizamiento que puede asimilar una superficie de erosión.

#### **Formación Vilquechico**

Fue definida por NEWELL, (1945, 1949) en los alrededores de Vilquechico, en la hoja de Huancané y se prolonga hacia los cuadrángulos de Moho e Isla Soto. Esta unidad está conformada principalmente por lutitas rojas y verde grisáceas a pardo amarillentas característicamente laminar, en capas delgadas que se intercalan con areniscas cuarzosas grises de grano fino en capas de 2 a 5 cm. Otra característica es la presencia de ignofacies en los niveles pelíticos. Generalmente se encuentra en los núcleos de los sinclinales como el de Putina y Vilquechico, y en los sinclinales tumbados de la zona imbricada localizada al NE del lago Titicaca. Así mismo suprayace concordantemente al Grupo Moho e infrayace a las lodolitas de la Formación Auzangate. La edad que se le asigna corresponde al Cretáceo superior, basado en la identificación de charofitas (PECK y RECKER, 1947) (Foto N° 10)

Al NE de la hoja de Huancané y NO y N de la hoja de Moho se han diferenciado dos unidades:

**Miembro inferior**, que se caracteriza por una secuencia casi homogénea y continua de limolitas abigarradas, con interstratificación de limolitas gris oscura a gris verdosas, beige, violáceas, en capas delgadas característicamente laminar, con algunos niveles de areniscas cuarzosas gris claras mostrando laminación oblicua y estructuras como flaser bedding y ondulitas, en muchos casos afectadas

tados por pequeñas fallas normales (Foto N° 11), Esta unidad se encuentra suprayaciendo al Grupo Moho.

**Miembro superior**, está marcado hacia la base por una secuencia de areniscas de 15 a 20 m de grosor, de color blanquecino con presencia de laminación interna paralela y oblicua, suprayace una intercalación de areniscas en capas delgadas y pelita verdosas a violáceas laminadas, con algunos niveles de margas fracturadas.

La edad que se asigna a la Formación Vilquechico es la del Cretáceo superior de acuerdo a la fauna recolectada y su posición estratigráfica.

### **Formación Auzangate**

AUDEBAUD (1967 y 1973), describe con este nombre a una secuencia pelítico-samítica de color rojizo, que sobreyace concordantemente a la Formación Vilquechico, expuesta principalmente en la cuenca Putina específicamente en el núcleo del sinclinal de Putina, en el área de estudio se encuentra aflorando en el núcleo del sinclinal de Vilquechico (Foto N° 12) y se prolonga hacia la hoja de Moho. Esta unidad da lugar a una morfología suave. Así mismo en lo que corresponde a la faja plegada y fallada tiene mayor deformación desde Huancané, Moho, Conima hasta Tilali, donde las estructuras son predominantemente sinclinales tumbados en cuyo núcleo se encuentran las lodolitas de la Formación Auzangate.

Litológicamente está compuesta por una secuencia de limoarcillitas, limolitas, areniscas arcósicas y predominantemente lodolitas, se observan además algunos niveles de areniscas cuarzosas en capas medianas. Por las relaciones estratigráficas que presenta se le asigna una edad que corresponde al Campaniano-Maestrichtiano, similar a la que le asigna CARLOTTO, (1991) en la región de Cusco.

## **Cenozoico**

### **Paleógeno**

#### **Formación Muñani**

La Formación Muñani según NEWELL, (1949) consiste de una secuencia gruesa de estrato y grano creciente de color marrón rojizo. En el área de

estudio, la Formación Muñani aflora al sureste del cuadrángulo de Huancané, específicamente en la península de Pusi, se presenta en contacto fallado con el Grupo Puno y la Formación Ayavacas (Foto N° 13). La base no sobrepasa algunas decenas de metros de grosor, y está dominada por canales arenosos entrecruzados localmente con depósitos rojos de llanura de inundación y paleosuelos. Así mismo el conjunto de la Formación Muñani está dominada por pelitas rojas, que representan facies de llanura aluvial, barreal (mud flat) y lago. En ella se intercala un delgado pero característico miembro gris oscuro a verdoso, localmente calcáreo que contrasta fuertemente con las pelitas rojas en las cuales se inserta. En la parte superior de la Formación Muñani, las pelitas rojas van intercalándose con canales arenosos en forma creciente. Existen en estos canales escasos niveles conglomerádicos con clastos de escaso tamaño. El techo de la Formación Muñani corresponde a niveles de erosión del Paleógeno superior. Por sus colores y facies característicos, la Formación Muñani es equivalente a la parte inferior de la Formación Tiahuanaco (Altiplano Norte de Bolivia) y al conjunto formado por las formaciones Santa Lucía, Cayara y Pótopo inferior (Andes Bolivianos). Todas estas unidades se depositaron en una extensa cuenca de antepaís.

#### **Grupo Puno**

GERTHI, (1915) describe por vez primera a esta unidad y más tarde CABRERA LA ROSA y PETERSEN, G., (1936) le asignan el nombre de Formación Puno, posteriormente NEWELL, (1949) la eleva a la categoría de grupo. Consiste mayormente de facies fluviales y de llanura aluvial, depositadas en una extensa cuenca de antepaís. Medidas preliminares de paleocorrientes muestran que en esta cuenca el material clástico fue transportado globalmente de sur a norte. La parte inferior del Grupo Puno está dominada por pelitas rojas. Al sur (Altiplano), en la hoja de Huancané, en el extremo suroeste, el Grupo Puno suprayace concordantemente a las calizas de la Formación Ayavacas (Foto N° 14), mientras que al norte (faja de Putina) suprayace al Grupo Vilquechico. Así mismo en la península de Pusi el Grupo Puno está en contacto fallado con la Formación Muñani.

Litológicamente el Grupo Puno se caracteriza por una secuencia de areniscas de grano medio a grueso. En el altiplano se conocen sucesiones de grano y estrato crecientes del Paleoceno superior-Oligoceno. Al NO (región de Cusco), el equivalente del Grupo Puno parece ser el Grupo San Jerónimo, y tal vez las unidades pelíticas rojas a las cuales sobryace (formaciones Chilca y Quilque). Al SE (Bolivia), los equivalentes del Grupo Puno son la Formación Tiahuanaco (Altiplano Norte de Bolivia) y el conjunto integrado por las formaciones Santa Lucía, Cayara y Póto (Andes Bolivianos). La base de este conjunto está datada en  $\sim 60$  Ma (base del Paleoceno superior).

### **Grupo Tacaza**

Descrito inicialmente por JENKS y posteriormente por NEWELL, (1949) quien publica formalmente, con la categoría de grupo a una gruesa secuencia de rocas volcánicas, en los cuadrángulos de Huancané y Moho. Esta unidad aflora muy esporádicamente. Suprayace discordantemente a rocas del Mesozoico (Foto N° 15) y/o del Grupo Puno, en otros lugares se le ve localmente sobre el Paleozoico, como por ejemplo en los cuadrángulos de Juliaca y Huancané (laguna Arapa). Infrayace a las series volcánicas que van desde el Grupo Palca (Mioceno superior) hasta el Grupo Ampato (Pleistoceno). Regionalmente este grupo es variado en su litología pudiendo encontrarse secuencias volcanoclásticas con sedimentos lacustrinos intercalados con lavas, secuencias de grosor considerable de flujos lávicos, brechas y lavas grises, verdosas y violáceas de composición generalmente andesítica. También flujos piroclásticos de tobas riódacíticas y domos dacíticos. Su grosor es muy variable pudiendo superar los 1000 m.

Esta unidad constituye el principal metalotecto en el sur del Perú, albergando mineralización polimetálica. El Grupo Tacaza ha sido datado por NOBLE et al., (1977) en  $19,1 \pm 0,3$  Ma y  $18,9 \pm 0,4$  Ma. Estas dataciones al parecer corresponden a la parte superior y por consiguiente, el Grupo Tacaza abarca desde el Oligoceno al Mioceno.

### **Formación Azángaro**

NEWELL, (1949) la describió inicialmente como depósitos lacustrinos, a lo largo del río del mismo

nombre, en el cuadrángulo de Azángaro. Esta unidad se extiende hasta el norte del lago Titicaca, confinada entre los principales ríos que drenan el Altiplano, tal es el caso de la hoja de Huancané y en menor proporción la hoja de Moho. La Formación Azángaro se presenta en capas horizontales a subhorizontales, con variaciones laterales tanto en el tamaño y composición de los sedimentos. De la base hacia el techo consta de gravas en una matriz arenosa, limos arcillosos beige finamente estratificados, estratos de arena algo friables con presencia de estratificación sesgada, al tope se observan limos finamente estratificados, englobando algunos clastos pequeños de formas muy variadas. La edad que se le asigna es del Pleistoceno.

Depósitos Aluviales, Coluviales, del Pleistoceno-Holoceno  
Depósitos Aluviales, coluviales, del Pleistoceno-Holoceno

Se incluyen en esta unidad las diversas acumulaciones de sedimentos detríticos no consolidados o semi consolidados, principalmente de origen aluvial y en forma subordinada coluvial, glacial.

Los sedimentos aluviales conforman llanuras aluviales y depósitos de piedemonte, algunos de ellos presentan cierto grado de litificación y constituyen terrazas erosionadas por las quebradas actuales, estos depósitos generalmente corresponde a una mezcla heterogénea de gravas y arenas polimícticas, así como limos y arcillas que tienen mala selección y estratificación.

### **Depósito de Morrenas**

Aflora en el cuadrángulo de Moho, en el extremo este, cerca a la frontera con Bolivia, en forma aislada. Están constituidos por material subredondeados a subangulosos mal clasificado en una matriz arenoconglomerádica.

### **Depósitos Aluviales**

Están constituidos principalmente por gravas, cantos angulosos de diferentes tipos de rocas en una matriz arenoarcillosa.

Se hallan formando terrazas en los cauces antiguos y recientes. En las laderas de los valles y en quebradas, se les encuentra formando conos aluviales.

### **Depósitos Fluviales**

Están constituidos principalmente por gravas y cantos redondeados de diferentes tipos de rocas en una matriz arenolimososa, próximo a la desembo-

cadura del lago Titicaca, el material es más fino con el predominio de arenas y limos que forman pequeñas playas.

## Rocas Intrusivas

La actividad magmática de la zona de estudio está constituida por rocas plutónicas y rocas volcánicas.

Las rocas plutónicas están constituidas por diferentes intrusiones como stocks y macizos. Las rocas volcánicas afloran como coladas y diques.

Los afloramientos de las rocas intrusivas de edad cenozoica que se observan son: el macizo de Chupa (8 331 000 N-393 000 E), macizo de Cala Cala (8-341- 500N-397 000 E)

### Macizo de Chupa

Aflora al noreste de la hoja de Huancané, al norte del poblado de Chupa y abarca una área aproximada de 7 km<sup>2</sup> de forma ovalada (Foto N° 16). Este cuerpo intruye a las rocas sedimentarias de la Formación Ayavacas, Grupo Moho y Formación Vilquechico. Otros afloramientos están distribuidos hacia al norte, en el cerro Pichacani y pequeños stocks en la quebrada Jotcojaja con las mismas características petromineralógicas.

Petrográficamente corresponde a rocas leucócratas, equigranulares, de acuerdo a los análisis químicos ploteados en el diagrama TAS (WILSON, 1989), corresponde a una granodiorita.

Según los estudios en sección delgada corresponde a una tonalita-granodiorita. Esta roca tiene un alto contenido de SiO<sub>2</sub> (62,1 %) que evidencia la abundancia de cuarzo y fenos cristales de feldespatos. Por el alto contenido de K<sub>2</sub>O (3,28 %) y CaO (3,24 %), y bajo de Na<sub>2</sub>O (2,84 %) reflejan la abundancia de feldespatos potásicos y cálcicos así como la poca presencia modal de feldespatos sódicos.

Entre los minerales esenciales se encuentran el cuarzo y plagioclasas, como minerales secundarios están las arcillas, óxidos de hierro, cloritas, cuarzo secundario y sericita y entre los minerales accesorios las arcillas, biotita, opacos, óxidos de hierro, cuarzo secundario y sericita.

Se observa una ligera alteración como argilitización, oxidación, cloritización y débil silicificación.

La edad que se asigna a esta unidad se basa en los estudios radiométricos (CARLOTTO, inédito), realizados por el método K/Ar sobre biotitas que indican una edad de  $25,7 \pm 0,9$  Ma. Por lo que al macizo de Chupa se le asigna al Oligoceno superior.

### Macizo de Cala Cala

Aflora al norte de la hacienda Cala Cala, en el extremo noroeste de la hoja de Huancané y se prolonga al cuadrángulo de Putina. Abarca un área de 6 km<sup>2</sup> de forma ovalada y se encuentra intruyendo a secuencias sedimentarias del Grupo Moho, Formación Vilquechico y Formación Auzangate.

Petrográficamente corresponde a un megapórfido de granodiorita tonalita porfirítica, de color gris claro. En muestra de mano, es notable el desarrollo de grandes cristales de plagioclasa que alcanzan hasta 5 cm de longitud. En sección delgada presentan megacristales de plagioclasas de tipo oligoclasa, la mayoría zonados y ligeramente microfacturados, biotitas y xenocristales de cuarzo, en una matriz microgranular de cuarzo y plagioclasas (Foto N° 17).

En sección delgada presenta las siguientes características: textura porfirítica, con minerales esenciales como plagioclasas y cuarzo, entre los minerales accesorios están la biotita y arcillas.

Además se observan fenocristales de cuarzo, parcialmente corroídos por la matriz al igual que las biotitas, la matriz la constituyen cuarzo, plagioclasas, biotitas y arcillas.

La edad que se asigna a esta unidad es la del Paleógeno por su relación estratigráfica, ya que intruye a secuencias sedimentarias de las formaciones Vilquechico y Auzangate.

### Volcánicos de Conima-Cambria

Son pequeños cuerpos que se localizan al suroeste del cuadrángulo de Moho, próximos a los poblados de Cambria y Conima. Son de composición latíandesítica y andesita basáltica limitados por una falla.

### Andesita basáltica

Cuerpo de forma ovalada y alargada localizado al sur y suroeste de Conima, de textura afanítica y color gris oscuro a negro. En sección delgada se observan minerales esenciales como plagioclasas y clinopiroxenos, como minerales secundarios se encuentran serpentinas, carbonatos, micas, cuarzo y como minerales accesorios olivino, opacos, biotita, serpentinas, feldespatos potásicos, carbonatos, micas y cuarzo. Se ha determinado la roca como andesita, a pesar del contenido de olivino, clinopiroxeno y por el tipo de plagioclasas ab35, An65, An35-Ab65.

Los carbonatos se encuentran intersticialmente en la matriz junto con las micas y a veces con el cuarzo, todos ellos son de origen secundario.

### Latiandesita

Localizado en el sureste de Cambria y en medio de la isla Suasi, es de textura porfirítica y color gris, fuertemente alterada. En sección delgada, se observa una textura porfirítica, con presencia de minerales esenciales: plagioclasas y feldespatos potásicos, como minerales secundarios están las arcillas, óxidos de hierro y cuarzo secundario y como minerales accesorios arcillas, piroxenos, óxido de hierro, cuarzo secundario, biotita, anfíboles, opacos y cuarzo.

En la roca predominan los feldespatos potásicos y plagioclasas, los anfíboles alterados a piroxenos, los piroxenos alterados a óxidos de hierro, la matriz es aproximadamente el 65 % y la conforman los feldespatos potásicos, plagioclasas arcillas, minerales opacos y piroxenos.

Se observan alteraciones de argilitización, oxidación y silicificación débil.

# Geología Estructural

La actividad tectónica que muestra el área estudiada comprende un sistema compresional, de rumbo SO a NE. La estratigrafía y el magmatismo están íntimamente ligados a los diferentes esfuerzos tectónicos que sucedieron y suceden en la actualidad. Los principales elementos estructurales son las fallas inversas, normales y las de rumbo. El abundante plegamiento conjuntamente con las fallas tiene una dirección compartida de NO-SE.

Tectónicamente en la zona de estudio existen tres dominios estructurales bien marcados:

## **Dominio Suroeste**

En este dominio localizado al sur oeste del área estudiada, se tiene unidades estratigráficas que van desde el Paleozoico, Mesozoico hasta el Cenozoico, las que se encuentran plegadas y falladas inversamente con vergencia al NE. Este dominio está limitado al NO por el frente de cabalgamiento Huancané-Moho siendo lo más resaltante la falla Pusi de un sistema inverso bien marcado que origina repeticiones tectónicas en las cercanías de Pusi. Esta estructura está localizada al SO de la hoja de Huancané. Se trata de una falla inversa con vergencia al NE la misma que en los alrededores de Pusi pone en contacto a la Formación Muñani con el Grupo Puno y a la Formación Chagrapi con la Formación Muñani. Así mismo hay un sistema de pliegues que afecta a la Formación Huancané, Grupo Moho, Formación Ayavacas y Grupo Puno.

## **Dominio Central (Faja Corrida y Plegada)**

Este dominio esta estructurado, por el cabalgamiento despegado principalmente en la Formación Muni, involucrando secuencias de la Formación Huancané y Grupo Moho incluso a secuencias del cenozoico en forma repetitiva, con vergencia hacia el NE, NEWELL, (1949) tuvo la primera impresión, de que la zona de estudio entre Huancané y Moho comprende múltiples repeticiones tectónicas.

La presencia de cabalgamientos importantes tienen como despegue los niveles pelíticos de la Formación Muni y Grupo Moho. Estas repeticiones corresponden a apilamientos tectónicos de escamas (duplex) que

regionalmente se extienden de kilométrica a plurikilométrica. En el campo las estructuras de pliegues más prominentes son las areniscas de la Formación Huancané caracterizadas por su rigidez y resistencia, asimismo se observan sinclinales y anticlinales tumbados. Las numerosas observaciones conducen a plantear para la zona de estudio, un esquema clásico de faja plegada y corrida.. Estas estructuras se extienden en parte del Altiplano e incluso se tienen evidencias de su presencia al norte y noroeste de Sicuani (departamento de Cusco). Este frente de cabalgamiento limita con el Dominio Noreste.

### **Dominio Noreste**

Está constituido y caracterizado por una serie de anticlinales y sinclinales con rumbo promedio

NO-SE (Andino). Desde la zona de transición entre la zona plegada y este dominio las fallas y cabalgamientos van desapareciendo paulatinamente hacia el noreste, donde los plegamientos por lo general son de mayor dimensión y menor deformación.

En este dominio se encuentran las estructuras más prominentes como los sinclinales de Vilquechico y Huatasane, además de pequeños anticlinales y sinclinales que se observan al norte de la hoja de Moho. Así mismo se observan anticlinales recumbentes que presentan flancos empinados que incluso llegan a invertirse.



# Geología Económica

El área de estudio tiene baja potencialidad en recursos mineros metálicos pero en cambio los recursos no metálicos destacan por su valor económico como es el caso de las calizas, yeso, rocas ornamentales y materiales de construcción, cuya explotación representa una importante fuente de trabajo para el desarrollo de la región, así tenemos:

## Calizas

Es un material de gran importancia dentro de los depósitos no metálicos, que se emplea como materia prima para la fabricación de cemento (Fabrica de cemento - Rumi - Juliaca) y cal, para las construcciones más artesanales. La unidad que brinda esta materia es la Formación Ayavacas, estimándose buena cantidad de reserva en el área de estudio, principalmente al suroeste del cuadrángulo de Huancané, cuya unidad es la misma que explota cementos Rumi.

## Yeso

Esta materia prima también es de gran importancia siendo su empleo muy común en la construcción urbana para los acabados. La zona de estudio cuenta con gran cantidad y buena calidad de esta materia que aflora principalmente en el cuadrángulo de Huancané, al norte de Vilquechico, alrededor de los parajes Sacacane, Pullucuyo y quebrada Machacego, así mismo se observan pequeños afloramientos próximos a Rosaspata. El yeso aflora en capas gruesas de aspecto masivo, esta directamente relacionado con el nivel inferior de la Formación Muni formando en algunos casos el núcleo de anticlinales.

## Roca Ornamental

Se tiene travertinos localizado al sur del cuadrángulo de Huancané, próximo al poblado de Pusi, de fácil accesibilidad por la carretera Juliaca-Taraco-Pusi. Se utiliza como roca ornamental siendo explotada esporádicamente, de acuerdo a la demanda y teniendo como principal mercado las ciudades de Arequipa, Juliaca y Puno (Foto N° 18).

La granodiorita de Cala Cala expuesta al noroeste de la hoja de Huancané forma parte de esta materia ornamental por la forma y el desarrollo de sus megacristales, que le dan un buen aspecto.

### **Yacimiento de Hidrocarburos de Pirín**

En lo que concierne a la actividad petrolera dentro del área estudiada, la Empresa Petrolera Fiscal realizó estudios geológicos buscando filiación petrolífera.

La cuenca Titicaca, de la cual forma parte el área de estudio, es considerada como de filiación petrolífera por presentar elementos geológicos necesarios para la generación y entrapamientos de hidrocarburos.

El yacimiento de Pirín localizado al suroeste de la hoja de Huancané, al norte de Pusi, se encuentra a una altura de 3 900 msnm tuvo una producción de petróleo de 36° A.P.I. en el pequeño campo antiguo de Pirín, que bordeó los 287 000 barriles (PALOMINO, 1992).

Los hallazgos de hidrocarburo se remonta a épocas remotas, pero la explotación técnica con fines industriales se inicia a principio del siglo XX,

donde algunas empresas privadas perforaron pozos de 36 y 100 m, de los cuales sólo la Titicaca Oil Company tuvo éxito, mientras que el Sindicato Petrolero del Titicaca y la Río Ramis Petroleum Company fracasaron. La Titicaca Oil Company reemplazó a la Sociedad de Petróleos «España», que operó en el campo hasta el año 1924. Se estima unos 285 000 barriles los extraídos hasta ese año, antes de que el estado peruano asumiese en 1925 el control total. El antiguo cuerpo de Ingenieros de Minas del Perú, perforó 13 pozos sin éxito. El año de 1994 la empresa YUGANSK PETROANDES S.A. inicia un trabajo de perforación con fines exploratorios en dicho lote (Foto N° 19).

Existen numerosas estructuras favorables para el entrapamiento de hidrocarburos, como por ejemplo la faja plegada y corrida, que comprende a la mayoría de unidades estratigráficas, incluyendo a la Formación Huancané que es una excelente roca reservorio. También existen otras áreas con estructuras favorables para el entrapamiento de hidrocarburos.

## Bibliografía

- AUDEBAUD, E. (1967) - Étude géologique de la région de Sicuani et Ocongate (Cordillère Orientale du Sud Péruvien). Thèse Docteur, Faculté des Sciences de l'Université de Grenoble, 59 p.
- CABRERA LA ROSA, A. & PETERSEN, G. (1936) - Reconocimiento geológico de los yacimientos petrolíferos del departamento de Puno. Bol. Cuerpo Ing. Minas Perú, 115: 9-100.
- DE JONG, K.A. (1974) - Melange (Olistostrome) near Lago Titicaca, Peru. Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol., 58(4): 729-741.
- HEIM, A. (1947) - Estudios tectónicos en la región del campo petrolífero de Pirín, lado NW del Lago Titicaca. Bol. Dir. Min. Petrol., 26(79):1-47.
- NEWELL, N.D. (1949) - Geology of the Lake Titicaca region, Perú and Bolivia. Geological Society of America, New York, Memoir 36, 111 p.
- PALACIOS, O. et al. (1993) - Geología de la Cordillera Occidental y Altiplano al oeste del Lago Titicaca – Sur del Perú (Proyecto Integrado del Sur). INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geol. Nac., 42, 257 p.
- SEMPERE, T.; ACOSTA, H. & CARLOTTO, V. (2000) Estratigrafía del Mesozoico y Paleógeno en la región del Lago Titicaca: hacia una solución?. En: Congreso Peruano de Geología, 10, Lima, 2000, Trabajos técnicos, Soc. Geológica del Perú, Lima. (CD-ROM)



## **Anexo Fotográfico**





**Foto N° 1** Vista panorámica de la secuencia paleozoica Fm. Chagrapi cerro Imarocos al sur de Taraco.



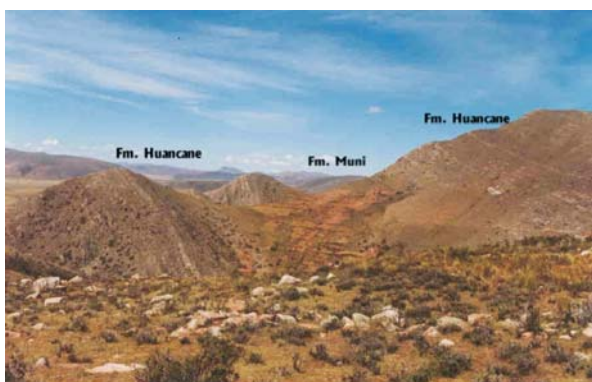
**Foto N° 2** Vista parcial de la secuencia paleozoica Fm. Chagrapi en la Isla Soto, alternancia de limoarcilitas pizarrosas con areniscas en capa delgadas.



**Foto N° 3** Vista parcial de la secuencia paleozoica Fm. Chagrapi en la Isla Soto, alternancia de limoarcilitas pizarrosas con areniscas en capa delgadas.



**Foto N° 4** Vista panorámica en la naciente de la quebrada Pacchacuyo, donde se observa las lodolitas de la Fm. Muni infrayaciendo a la Fm. Huancané



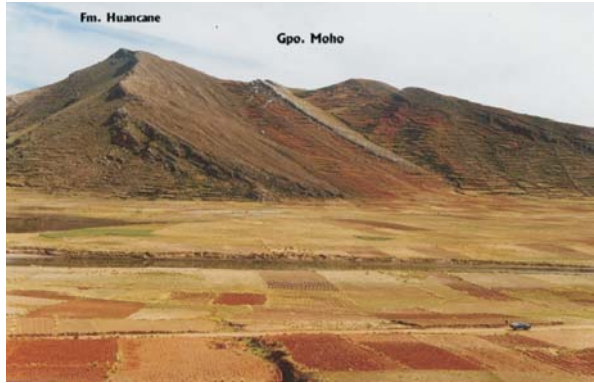
**Foto N° 5** Vista del anticlinal tumbado localizado entre Huatasane-Putina en el núcleo aflora las lodolitas de la Fm. Muni.



**Foto N° 6** Vista panorámica del poblado de Moho, donde aflora la Fm. Huancané infrayaciendo al Grupo Moho.



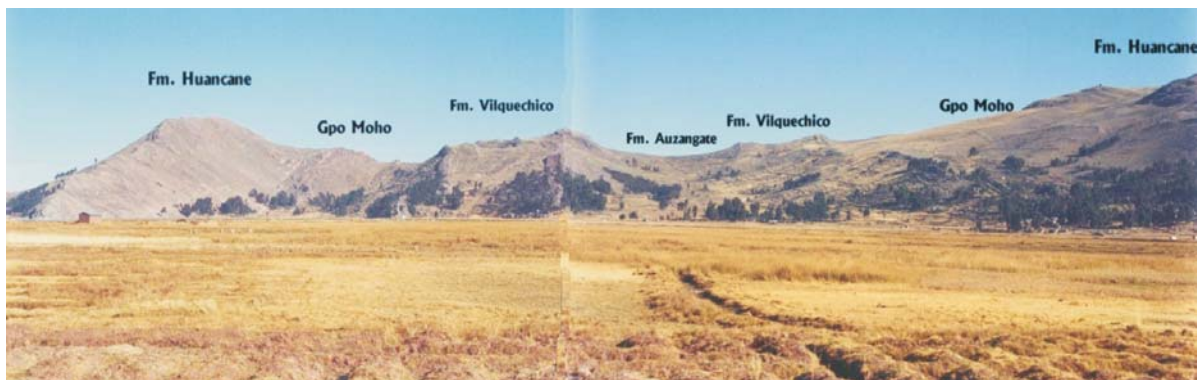
**Foto N° 7** Estructuras de estratificación sesgada de pequeña a mediana escala característico en la Fm Huancané.



**Foto N° 8** Vista de este a oeste próximo a Huatasane al Grupo. Moho suprayaciendo a la Fm. Huancané, se observan niveles de calizas, donde le infrayacen y suprayacen lodolitas y areniscas rojizas.



**Foto N° 9** Vista panorámica de la Fm. Ayavacas, localizada al sureste de la hoja de Huancané, las calizas se intercalan con lodolitas rojizas.

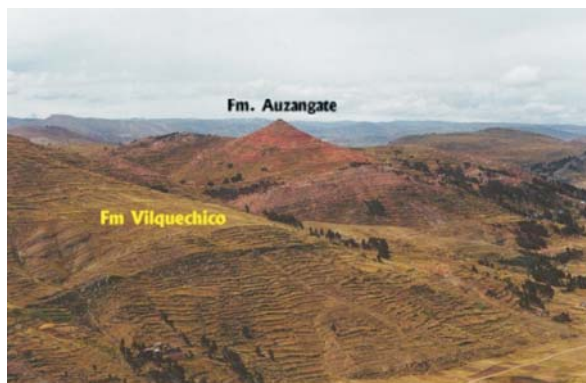


**Foto N°10** Vista panorámica al sur de Moho de la Formación Vilquechico que se encuentra en el núcleo del sinclinal tumbado, limitado por el Grupo Moho y Fm. Huancané.

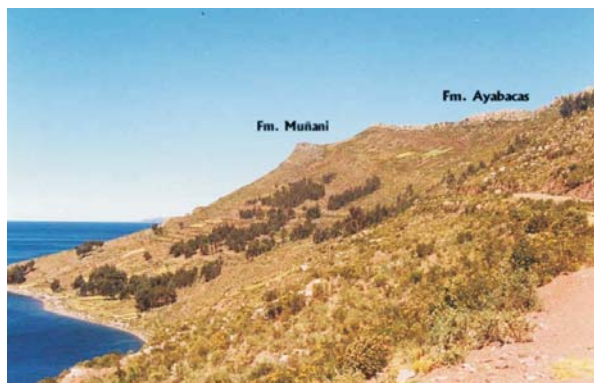




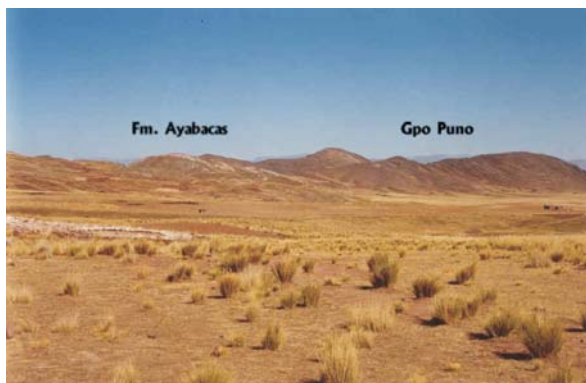
**Foto N° 11** Vista parcial de las pelitas y areniscas de la Fm. Viq uechico, afectados por fallas normales.



**Foto N° 12** Vista panorámica del sinclinal de Vilquechico donde se observa en el núcleo a la lodolitas rojas de la Fm. Auzangate, suprayaciendo a la Fm. Vilquechico.



**Foto N° 13** Vista panorámica de la secuencia areniscosa de la Formación Muñani localizada al sur de Pusi en la península del mismo nombre, en contacto fallado con la Fm. Ayavacas.



**Foto N° 14** Vista panorámica del Grupo Puno suprayaciendo a las calizas de la Formación Ayavacas, localizada en el extremo suroeste del cuadrángulo de Huancané.



**Foto N° 15** Vista panorámica de la secuencia mesozoica cubierta por los volcánicos de la Formación Tacaza, localizado en la punta Imanco al sur de Vilquechico.



**Foto N° 16** Vista panorámica del macizo de Chupa (granodiorita-tonalita) ubicado al norte del poblado del mismo nombre.



**Foto N° 17** Megacristales de plagioclasas que se observa en el Macizo de Cala Cala que corresponde a una tonalita-porfirítica localizado al NE de la hoja de Huancané.



**Foto N° 18** Vista la cantera de travertino localizado al noreste de Pusi.



**Foto N° 21** Vista de un pozo exploratorio de petróleo en Pirin, en la actualidad se observa pequeñas emanaciones del hidrocarburo.