

## EVIDENCIAS DE UN EMBALSE VOLCANICO EN EL VALLE DEL COLCA

O. Palacios M.<sup>1</sup>, B.A. Klinck<sup>2</sup>

- 1) Instituto Geológico Minero y Metalúrgico - (INGEMMET)
- 2) British Geological Survey (BGS).

### Resumen

El valle del río Colca está ubicado aproximadamente 90 Kms. al norte de Arequipa en el sur del Perú; con una profundidad máxima de 3,000 m. es considerado como el cañón más profundo de mundo.

Se sugiere aquí, que debido a un embalsamiento del río Colca en el Pleistoceno, causado por flujos volcánicos del centro Ahuashune (inmediato al norte del Nevado Hualca Hualca) se formó un lago de unos 45 Kms. de extensión y 3.5 Kms. de ancho detrás de la represa volcánica. El lago fue rellenado por depósitos lacustres y fluviales, alcanzando un espesor de aproximadamente 350 m.

### INTRODUCCION

El valle de Colca, ubicado en el sur del Perú, aproximadamente 90 Kms. al norte de Arequipa, (Fig. N° 1) es, según la revista National Geographic de los Estados Unidos, el cañón más profundo del mundo con 3,000 m. de desnivel, medido desde el lecho del río a 2,200 m.s.n.m. (sector Cruz del Cóndor) hasta los 5,200 m.s.n.m. (nevado Bomboya).

Su clima puede ser desde templado a cálido en las partes más bajas del cañón; frío en las partes abiertas como: terrazas y centros poblados; y frígido en las altas mesetas y cumbres, donde el hielo es permanente.

La vegetación sobre los 4,000 m. es típica de puna. La agricultura es desarrollada en terrazas y andenes a cotas por debajo de los 3,500 m.s.n.m. cultivándose maíz, habas, papas, quinua, etc.

Su principal centro poblado es Chivay, capital de la provincia de Cailloma, siguiendo en importancia, por la margen norte: los distritos de Tuti, Coporaque, Ichupampa, Lari, Madrigal y por la margen sur, Yanque, Achoma, Maca, Pinchollo y Cabanaconde.

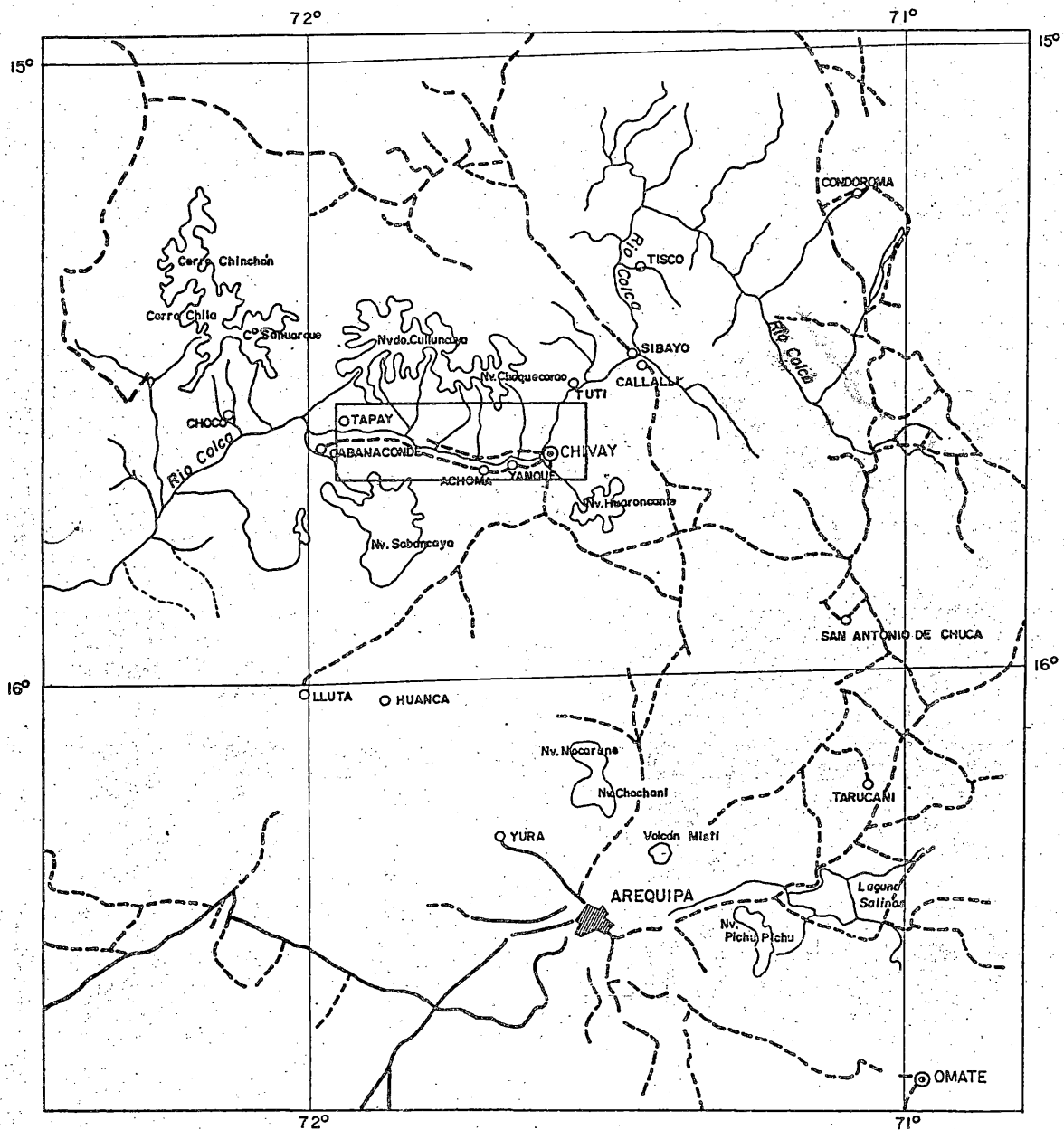
Las rutas de acceso pueden ser desde

Arequipa, siguiendo la carretera a Yauri (mina Tintaya), desviándose a la altura de Sumbay hacia Chivay. Existe otro acceso a partir de la Panamericana Sur siguiendo la pampa de Majes y pasando por Huambo en la margen izquierda del cañón del Colca.

### CARACTERISTICAS GEOLOGICAS

#### Generalidades

Las rocas más antiguas que afloran en el Cañón del Colca y un poco al oeste del área estudiada según J. CALDAS (inédito) corresponden al Precambriano. Sin embargo entre Cabanaconde y Chivay se tiene ventanas por erosión, donde aparecen rocas sedimentarias mesozoicas correspondientes al Grupo Yura y a las capas rojas de la Formación Murco. Estas se encuentran cubiertas por rocas cenozoicas de naturaleza volcánica y volcánico-sedimentaria, que corresponden a los grupos Tacaza, Barroso, Ampato y Colca formando una gruesa secuencia que sobrepasa los 4,000 m. de grosor cuya litología está constituida, en el caso del grupo Tacaza, por lavas dacítico-andesíticas, así como por tobas y brechas que muestran una alteración muy marcada por la oxidación, que les confiere una coloración rojiza. Las rocas del Grupo Barroso, son lavas andesíticas y traquiandesíticas de color gris verdoso oscuro y texturas porfiroides. En



**LEYENDA**

- Carretera asfaltada
- - - Carretera afirmada
- Rio
- ▨ Capital de Departamento
- ⊙ Capital de Provincia
- Capital de Distrito

MAPA DE UBICACION  
DEL AREA ESTUDIADA  
Escala 1:1'000,000

Fig. N° 1

el Grupo Ampato cuyo nombre deriva del nevado Ampato, un estrato-volcán pleistocénico, las rocas son lavas y clastos volcánicos, encontrándose traquiandesitas y andesitas basálticas. El grupo Colca, cuyas secuencias se describe en el presente trabajo,

corresponde a facies fluviales y lacustrinas.

A continuación se describe las características del volcanismo pleistocénico que fue el causante del embalsamiento del río Colca.

## Volcanismo

El volcanismo en el área del río Colca estuvo caracterizado por una actividad central stromboliana, con flujos dominantes de andesita biotítica-augítica, que muestran una textura traquítica a pilotaxítica con fenocristales de plagioclasas. También se encuentra, aunque con menos frecuencia, andesitas biotítico-hornbléndica y andesita augítica-hipersténica. Los flujos tanto en su base como en su frente muestran brechas de bloques. La actividad piroclástica, relativamente intensa, ha producido tobas, bombas tipo corteza de pan y tobas de bloque, en las cuales el pómez es abundante como material de matriz, que ocurren separadas de los flujos lávicos.

Las lavas que represaron el río y que fluyeron del centro Ahuashuna han sido datadas con  $0.6 \pm 0.3$  M.a., usando el método K-Ar. Así mismo, un flujo andesítico del tipo augita-hiperstena que ha venido del Hualca Hualca y que está intercalado con facies lacustrinas (saliendo de Achoma al oeste) ha sido datado en  $0.9 \pm 0.2$  M.a. usando el método K-Ar.

Por otro lado un evento volcánico en la zona de Chivay, que produjo domos exógenos de andesita, ha sido datado entre 0.23 y 0.095 M.a. por KANEDKA y GUEVARA (1984), siendo equivalente al volcanismo más joven de los centros Chachani en el cuadrángulo de Arequipa, datado por los mismos autores entre 0.28 y 0.078 M.a.

El espesor de los flujos en el Cañón es de aproximadamente 1,000 m. y se ve claramente en las paredes del mismo que rellenan una topografía antigua.

Este volcanismo pleistocénico ha sido registrado en el área como Grupo Ampato.

## Sedimentación

La sedimentación que tuvo lugar luego del embalsamiento del río Colca se evidencia en el valle desde el lugar de su represamiento, entre la quebrada

Chocacahua y Pinchollo al oeste hasta más allá de Tuti al este, en forma de depósitos lacustrinos y fluviales como consecuencia del lago que se formó y de las corrientes que fluían a él de las partes laterales del valle. Estos sedimentos han sido denominados Grupo Colca.

## Grupo Colca

Comprende un agrupamiento de sedimentos fluviales y lacustrinos cuya denominación deriva del río Colca. Estos sedimentos rellenan el valle en forma de depósitos de terrazas y gravas de río, los mismos que formaron abanicos fluviales durante la existencia del lago, notándose en varios lugares, la interdigitación de los mismos.

Las relaciones estratigráficas observadas para este grupo son de discordancia angular sobre el Grupo Tacaza; aparece cubierto por lavas del centro Hualca Hualca cerca a Achoma.

En el cañón del Colca, las lavas del centro Ahuashuna, que han sido consideradas como Grupo Ampato, descansan sobre un delgado conglomerado con escasos cantos, tienen aproximadamente unos 30 m. de espesor y rellenan una topografía temprana.

La potencia máxima para el Grupo Colca es estimada en 350 m. pudiendo reconocerse tres distintas facies en el grupo, las mismas que siguiendo la terminología de LINK y OSBORNE (1978) han sido designadas en la forma siguiente: Facie fluvio-aluvial, Facie lacustrina marginal y Facie lacustrina "off-shore", y cuya distribución se puede ver en la fig. Nº 2.

## Facie Fluvio-Aluvial

La distribución de estos depósitos indica que los ríos afluentes contemporáneos, formaron abanicos fluviales durante la existencia del lago, siendo algunas de las áreas de mayor deposición: el río Coporaque, el valle del río Challacone al NE de Tuti (fuera del mapa) y el río Ccayachape. Hacia el sector sur del valle Colca, sus

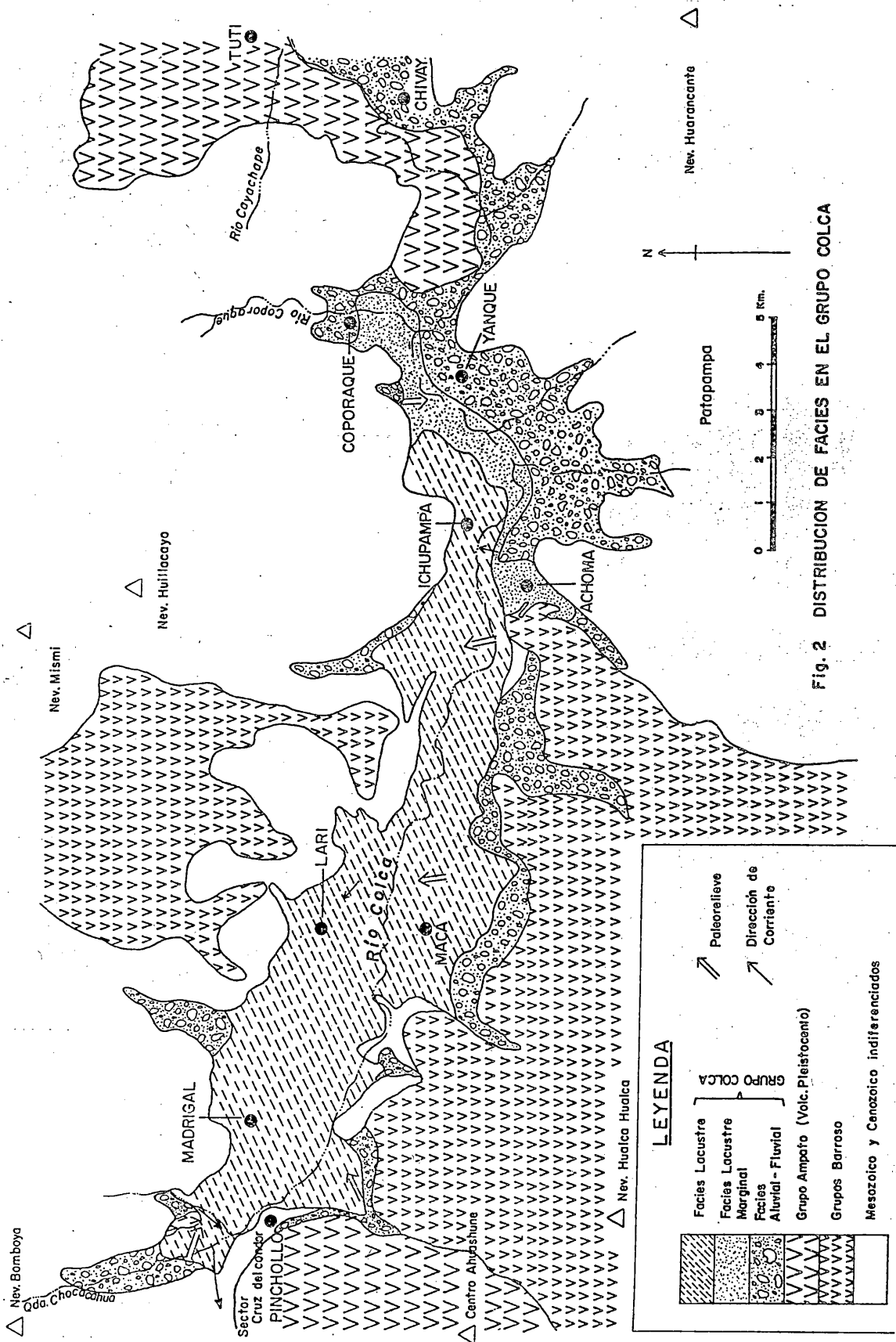


Fig. 2 DISTRIBUCION DE FACIES EN EL GRUPO COLCA

Estalase volcánico en el valle del Colca

afloramientos son muy conspicuos y allí se le ve claramente como una serie de cobertura con interdigitación de abanicos fluviales, los cuales provienen de los terrenos altos de Patapampa.

En Achoma, donde también se exponen secuencias típicas de estas facies, se midió la siguiente sección:

	<u>Potencia (m)</u>
-Arenisca arcósica	0.18
-Conglomerado guijarroso con arena como matriz	1.03
-Arena arcósica	0.18
-Conglomerado guijarroso en arena como matriz	2.01
-Arena arcósica en lentes	1.28
-Conglomerado guijarroso con canales erosivos dentro de la unidad infrayacente.	2.63
-Arena arcósica	0.10
-Conglomerado guijarroso con arena como matriz canales erosivos de la unidad infrayacente.	4.32
-Conglomerado en cantos	1.47
-Conglomerado guijarroso con arena arcósica como matriz y lentes de arena arcósica de 15cm.de grosor en la parte superior	12.30
Total:	25.47

La base no está expuesta

La secuencia de la parte superior es característica de la facie "Gm" de NIALL (1977); la matriz areniscosa indica un origen por inundación escombrosa; comparado con el modelo fluvial de RUST (1979) nos indica que estos depósitos fueron asentados en la parte proximal de un abanico fluvial. Los lentes de arenisca pueden ser interpretados como depósitos de ríos pequeños que atravesaban el abanico fluvial durante ciertos períodos del año.

Al suroeste de Coporaque se tiene gravas con buzamiento escarpado y depósitos de deslizamiento de barro proximal intercalados con depósitos distales con fina laminación (de facie lacustrina offshore), lo que nos estaría indicando que las facies más distales de los abanicos fluviales pasan transicionalmente a un ambiente deltaico.

**Facie Lacustrina Marginal**

Entre la facie fluvial y la facie lacustrina hay una secuencia transicional de areniscas gruesas a finas con lentes de conglomerado de guijarros que muestran a veces un contacto erosivo con la unidad inferior y que corresponde a secuencias marginales del antiguo lago Colca. Tiene su mejor desarrollo en la región de Achoma y sobre el sector sur del valle, interdigitándose con las facies fluviales y las verdaderas facies lacustrinas.

La sedimentación parece ser cíclica, según lo que muestra una sección medida 4 Km. al ENE de Tuti

	<u>Potencia (m)</u>
-Limos con óndulas	5.0
-Arena estratificada en laminación de 5 mm.	10.0
-Conglomerado de guijarros	20.0
-Limo finamente laminado	5.0
-Capas con gradación laminadas	18.0
-Conglomerado guijarroso	6.0
-Limos con óndulas de corriente.	66.0
Total:	130.0

En la misma área, canales erosionales rellenos con conglomerados de cantos cortan transversalmente la secuencia, habiéndose originado probablemente por escurrimiento desde terrenos altos al norte.

Estos sedimentos representan deposición en un ambiente de playa de arena cerca al borde del lago. La presencia de canales que contienen conglomerados

de bloques son la manifestación de erosión y deposición, causadas por escurrimiento rápido y periódico desde las alturas que bordaron el lago.

En los cortes de la carretera entre Yanque y Achoma se puede observar buenas secciones tipo que tienden como litología típica gravas guijarrosas, areniscas tufáceas y limos laminados. Los conglomerados de guijarros son polimícticos siendo los materiales volcánicos los más abundantes.

Las areniscas tufáceas son de grano fino a grueso y muestran un tono oscuro debido a su alto contenido de material volcánico. Se intercalan limos que son representativos de facies lacustrinas; éstos son de grano muy fino, laminados casi milimétricamente y contienen capas con óndulas de deriva. Las estructuras sedimentarias más comunes son: la estratificación cruzada plana o en cubeta que forman conjuntos de unos 12 cms. de grosor, así como óndulas de deriva que forman conjuntos gradados. También ocurren óndulas de corriente.

Según LINK y OSBORNE (1978) estas estructuras caracterizan a facies de líneas de ribera. Por otro lado el alto contenido de material volcánico especialmente los clastos de pómez indican una fuente eruptiva muy cercana, probablemente cerrada y sinsedimentaria, que podría haber estado en el mismo Hualca Hualca.

#### Facies Lacustrina Offshore

Esta facie está caracterizada por un limo de grano muy fino de color ocre amarillento con una laminación menor de 4 mm.; muestra estructuras como óndulas de deriva, estratificación cruzada y deformación de los sedimentos blandos en forma de asentamientos, pliegues volcados y empuje entre capas. Esta facie muestra interdigitación y afinidades con las dos facies previamente descritas.

Los limos forman capas delgadas subhorizontales con ondulamiento y a veces como flujos de barro que muestran disturbación. Las estructuras de deformación, especialmente los pliegues de arrastre, son uno de los criterios usados para deducir las paleopendientes. Las direcciones de corriente fueron determinadas de las marcas de óndula y de la estratificación cruzada.

De lo observado, surge el marco de un lago con una cuenca elongada y con deposición de corrientes fluviales perpendiculares al eje longitudinal del lago. La parte sur tuvo una base más suave y por lo tanto más somera que la parte norte.

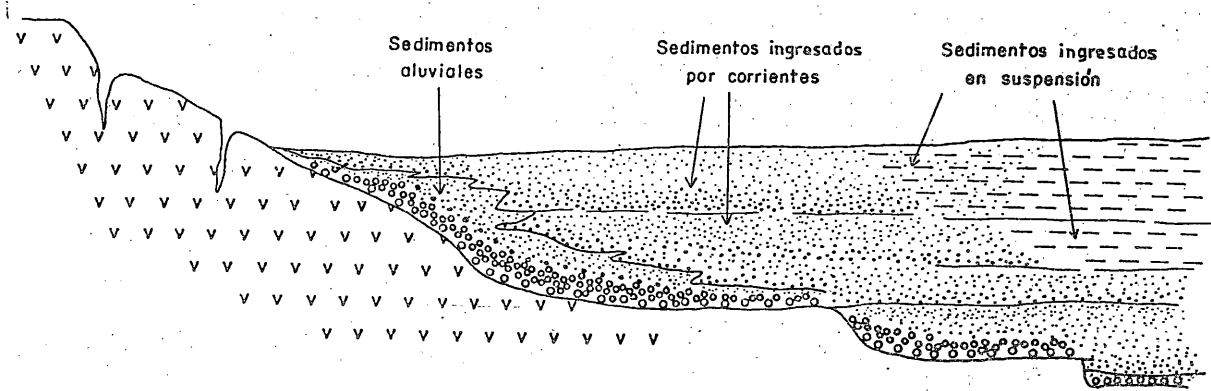
En las facies lacustrinas, las direcciones decorrente que indican un eje axial pudieron haber sido originadas por tracción en la base con un flujo inducido de afuera a través del proto-cañón Colca.

#### CARACTERÍSTICAS DEL EMBALSE Y FORMACION DEL LAGO

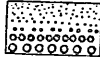

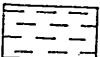
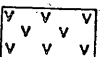
El lago Colca fue emplazado a lo largo del valle del mismo nombre, en una depresión ubicada dentro de un área tectónicamente activa donde el vulcanismo pleistocénico abundante llegó a bloquear el valle con un flujo lávico proveniente del centro Ahuashune; y en los flancos de otro centro, el Hualca Hualca cuya formación fue más temprana. El agua represada fue subiendo su nivel hasta formar un lago de profundidad considerable sobre el cual desembocaban los ríos colaterales en forma de corrientes vigorosas, llevando como carga gravas y arenas gruesas que fueron depositadas en los abanicos y pequeños deltas, formados a la entrada de estas corrientes, y algunas veces construidos dentro del lago debido a lo accidentado del relieve topográfico. (Fig. 3).

Los limos que se mantenían suspendidos aumentaban la densidad de las corrientes arrastrando fragmentos más grandes, haciendo del medio de trans-

Fig. 3 Modelo de distribución de sedimentos en el lago Colca



**LEYENDA**

-  gravas, arenas
-  arenas
-  limos, arcillas
-  basamento (roca volcánica)

porte un agente selectivo menos eficaz. De allí que la secuencia lacustre muestra materiales angulosos y de poca selección.

La estratificación cruzada y el relleno de cauce evidencian un ambiente de aguas agitadas.

Como un rasgo de la actividad tectónica sinsedimentaria se puede mencionar las perturbaciones en forma de pequeños pliegues y microfallas inversas en los limos lacustres. Estas deformaciones indican en muchos casos el sentido de la pendiente. Hacia el oeste y muy especialmente al norte del valle han sido observadas discordancias angulares dentro del Grupo Colca, lo cual estaría indicando un probable

levantamiento dentro de la cuenca, o tal vez fallamiento a lo largo de los márgenes; con un control en la deposición ajustado a las reglas sedimentarias.

La actividad volcánica, también presente durante la vida de este lago, ha quedado evidenciada por las capas de lapilli, pómez y tufita que se intercalan con las arenas y limos lacustres y hasta se observa lavas encima de los depósitos lacustres.

**Edad**

La formación de este lago está relacionada al vulcanismo cuaternario y de acuerdo a la información estratigráfica y geocronológica se puede preci-

sar una edad pleistocénica con una deposición que se inicia hace cerca de 1.1 M.a. coincidente con la actividad volcánica. Por otro lado cuerpos volcánicos de la Formación Inca del Grupo Ampato datados por KANEOKA y BUEVARA (1984) con una edad de  $0.23 \pm 0.5$  M.a. intruyen al Grupo Colca, lo cual le da un límite para la sedimentación terminal.

#### AGRADECIMIENTO

El presente trabajo fue realizado dentro del Estudio Geológico Integrado del Sur, el mismo que fue ejecutado por el British Geological Survey (BGS) y el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) teniendo como marco el Convenio de Cooperación Técnica entre los Gobiernos de Gran Bretaña y del Perú; los autores expresan su agradecimiento a los directivos del BGS y del INGENMET por permitir su presentación al VI CONGRESO PERUANO DE GEOLOGIA.

Asimismo expresan su gratitud a los colegas que trabajaron dentro del Proyecto por su valiosa colaboración.

#### REFERENCIAS

CALDAS, J. (1975) "Geología de los cuadrángulos de Huambo y Orcopampa": Informe interno-INGEMMET. (inédito).

ELLISON, R.A.; HAWKINS MP.; KLINCK, B.A.; PALACIOS O.; y otros (1986) "The geology of the Cordillera Occidental and Altiplano west of lake Titicaca Southern Peru": British Geological Survey e Instituto Geológico Minero Metalúrgico, INGENMET, Lima. 1-353 p. en prensa.

KANEOKA, I. y BUEVARA, C. (1984) "K-Ar age determinations of late Tertiary and Quaternary Andean volcanic rocks Southern Peru": Geochemical Journal vol. 18, 233-239.

LINK, M.H. y OSBORNE, H. (1978) "Lacustrine facies in the Pliocene Ridge Basin group: Ridge Basin, California": Spec. Pbl. int. Ass.Sediment, 2 169-187.

MIALL, A.D. (1977) "A review of the Braided-River Depositional Environment": Earth Science Reviews, vol. 13, 1-62.

RUST, B.R. (1979) "Coarse alluvial deposits" En Facies Models, WAIKER R.G. (editor): Geoscience Canada Reprint Series 1, 9-22, Geol. Assoc. Canadá.