

ÍNDICE

V. CARLOTTO, J. CÁRDENAS, R. CHÁVEZ, W. GIL
Sedimentología de la formación Huancané (Neocomiano) de la
región de Cusco y su relación con las variaciones del nivel
del mar 1

B. FRANCOU, P. RIBSTEIN
Glaciares y evolución climática en los Andes bolivianos - Glaciar
de Zongo y glaciar de Chacaltaya, Cordillera Real, 16° S 23

A. AMES MARQUEZ, B. FRANCOU
Cordillera Blanca - Glaciares en la historia 37

P. EECKHOUT
Pirámide con rampa N° 3 de Pachacamac, costa central del Perú.
Resultados preliminares de la primera temporada de excavaciones
(zonas 1 y 2) 65

M.-D. DEMÉLAS-BOHY
Los dos diarios de José Santos Vargas. 1: problemas
editoriales 107

F. LESTAGE
El niño y la tierra. La construcción de la identidad campesina en
una comunidad de los Andes peruanos 127

D. M. MORALES
Leishmaniasis: el espacio de la enfermedad -Una mirada
global 137

RESEÑAS 165

SEDIMENTOLOGÍA DE LA FORMACIÓN HUANCANÉ
(NEOCOMIANO) DE LA REGIÓN DE CUSCO
Y SU RELACIÓN CON LAS VARIACIONES
DEL NIVEL DEL MAR

Victor Carlotto*, José Cárdenas*, Richard Chávez**, Willy Gil***

Resumen

Las areniscas cuarzosas de la formación Huancané (Neocomiano) de la región de Cusco, se han depositado principalmente en medios fluviales. Las facies reconocidas se organizan según una secuencia vertical: barras arenosas fluviales, superficies de oxidación-erosión, escasas facies pelíticas de llanura de inundación y raras facies calcáreas con posible afinidad marina. Estas secuencias verticales de facies muestran que la sedimentación fluvial estaba controlada por las variaciones del nivel del mar. Los ríos provenían del NE y eran alimentados por la erosión del escudo brasileño. La sedimentación se realizaba al límite entre el borde SO de la Cuenca Oriental sur peruana y el Umbral Cusco-Puno, el que localmente presentaba altos y bajos estructurales heredados del relieve preneocomiano.

Palabras claves: Formación Huancané, Neocomiano, Cusco, Perú, sedimentología, paleogeografía, fluvial, eustatismo.

LA SÉDIMENTOLOGIE DE LA FORMATION HUANCANÉ (NÉOCOMIEN) DE LA RÉGION
DE CUSCO ET SA RELATION AVEC LES VARIATIONS DU NIVEAU DE LA MER

Résumé

Les grès quartzitiques de la formation Huancané (Néocomien) de la région de Cusco se sont principalement déposés dans des environnements fluviaux. Les faciès reconnus s'organisent selon une séquence verticale: barres sableuses fluviales, surface d'oxydation-érosion, faciès pelitiques de plaine alluviale et peu de faciès calcaires vraisemblablement marins. Ces séquences verticales de faciès montrent que la sédimentation fluviale était contrôlée par les variations du niveau marin. Les fleuves provenaient du NE et étaient alimentés par l'érosion du bouclier brésilien. La sédimentation se développait à la limite entre la bordure SO du Bassin Oriental et le Seuil Cusco-Puno qui avait des môles et des fossés hérités du relief pré-néocomien.

Mots-clés: Formation Huancané, Néocomien, Cusco, Pérou, sédimentologie, paléogéographie, fluvial, eustatisme.

*Departamento de Geología, Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSACC).

** Convenio UNSAAC-ORSTOM.

*** Convenio PETROPERÚ-ORSTOM.



SEDIMENTOLOGY OF THE HUANCANE FORMATION (NEOCOMIAN) OF THE CUSCO REGION AND ITS RELATION TO SEA LEVEL VARIATIONS

Abstract

The Huancane formation (Neocomian) of the Cusco region is mainly composed of quartz sandstones which are deposited in fluvial environments. The facies recognized are organized in a vertical sequence: fluvial sheet sandstones, oxidized or eroded surface, the shale facies of alluvial plain and unusual limestone facies of possible marine origine. These vertical facies sequences show that eustatic sea level variations controlled the fluvial sedimentation. The rivers came from the NE and were fed by the erosion of the Brazilian Shield. The sedimentation developed above the boundary of the SW edge of the Eastern basin, and the Cusco-Puno Swell which had locale horst and grabens inherited from pre-neocomian relief.

Key words: *Huancane Formation, Neocomian, Cusco, Peru, sedimentology, paleogeography, fluvial, eustatism.*

1. INTRODUCCIÓN

Las areniscas cuarzosas de la formación Huancané de la región de Cusco, afloran ampliamente desde Urcos hasta Ollantaytambo, en los flancos del Anticlinal de Vilcanota (Carlotto *et al.*, 1988) sobreyaciendo a sú basamento o repetidas a manera de escamas tectónicas (Fig. 1).

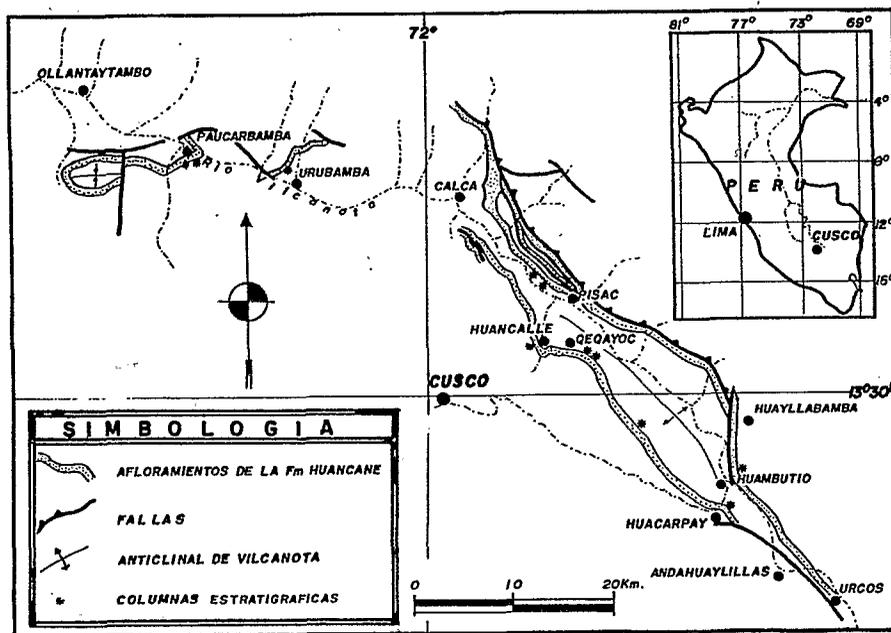


Fig. 1- Ubicación de la zona de estudio, indicando los afloramientos de la Formación Huancané y las columnas levantadas.

El medio de depósito de la formación Huancané (Neocomiano) en la región de Cusco, ha planteado discrepancias y discusiones, por la falta de estudios sedimentológicos detallados. Los trabajos realizados por Newell (1949), Audebaud (1973), Marocco (1978) y Candia & Carlotto (1985), indican un origen continental para las areniscas neocomianas. Posteriormente, Córdova (1986), Marocco & Delfaud (1986) y Carlotto *et al.* (1987), asumen un origen litoral o deltaico, basados en observaciones locales y de algunas estructuras sedimentarias.

Las facies reconocidas de la formación Huancané se organizan según una secuencia vertical: barras arenosas fluviales de canales entrelazados, superficies de oxidación y algunas veces de erosión, y facies pelíticas de llanura de inundación. Igualmente, se ha reconocido facies con posible afinidad marina, las que son muy escasas. Estas secuencias verticales de facies son interpretadas en base al modelo de secuencias de depósito de Posamentier *et al.* (1988) y al trabajo de Moulin & Seguret (1989), en el que la sedimentación fluvial y deltaica está controlada por las variaciones del nivel del mar.

1. 1. Marco Geológico

La evolución Herciniana en la región de Cusco terminó con los depósitos volcánico sedimentarios del grupo Mitu del Permo-Triásico (Marocco, 1978). Posteriormente, la sedimentación del Jurásico terminal-Paleoceno (Fig. 2) se desarrolló principalmente sobre el Umbral Cusco-Puno, el que separaba la Cuenca Occidental de la Cuenca Oriental. Esta zona se encontraba en una posición de trasarco distal (Carlotto *et al.*, 1992; Carlotto *et al.*, 1993). La evolución tectónosedimentaria ha sido dividida en cinco periodos (Carlotto, 1992). La formación Huambutío (Kimmeridgiano?-Berriasiano?), se inició con conglomerados de cono (Miembro Inferior), seguidos por calizas (Miembro Medio), y concluyó con areniscas fluviales (Miembro Superior). La formación Huancané (Neocomiano) sobreyace en discordancia erosional o débil discordancia angular a la formación Huambutío o al grupo Mitu, y está compuesta esencialmente por areniscas cuarzosas blancas de origen fluvial. El grupo Yuncaypata inferior (Aptiano superior-Turoniano) está caracterizado por la evolución de una plataforma carbonatada interna, que comienza con una transición de areniscas finas y lutitas rojas (Aptiano superior-Albiano medio), y que alcanza su máximo transgresivo durante el Albiano superior-Turoniano (Calizas Yuncaypata). El grupo Yuncaypata superior (Senoniano-Maestrichtiano) está compuesto por tres secuencias mayores denominadas M1, M2 y M3; de lutitas, yesos y areniscas; que globalmente son regresivas y registran débilmente las transgresiones del Santoniano y Campaniano medio. Las Series Rojas Superiores (Paleoceno), están divididas en dos formaciones, Quilque y Chilca, que explican la progradación de depósitos fluviales (lutitas, areniscas y conglomerados).

Esta evolución tectónosedimentaria puede ser agrupada en dos grandes periodos: el primero (Kimmeridgiano?-Turoniano) es principalmente distensivo, donde el inicio corresponde a la apertura de la Cuenca Oriental, separada de la Cuenca Occidental, por el Umbral Cusco-Puno; y el final, corresponde a un máximo de transgresión. El segundo periodo (Coniaciano-Paleoceno) corresponde globalmente a un episodio regresivo, el que está en relación a cabalgamientos que migraron progresivamente del SO al NE.

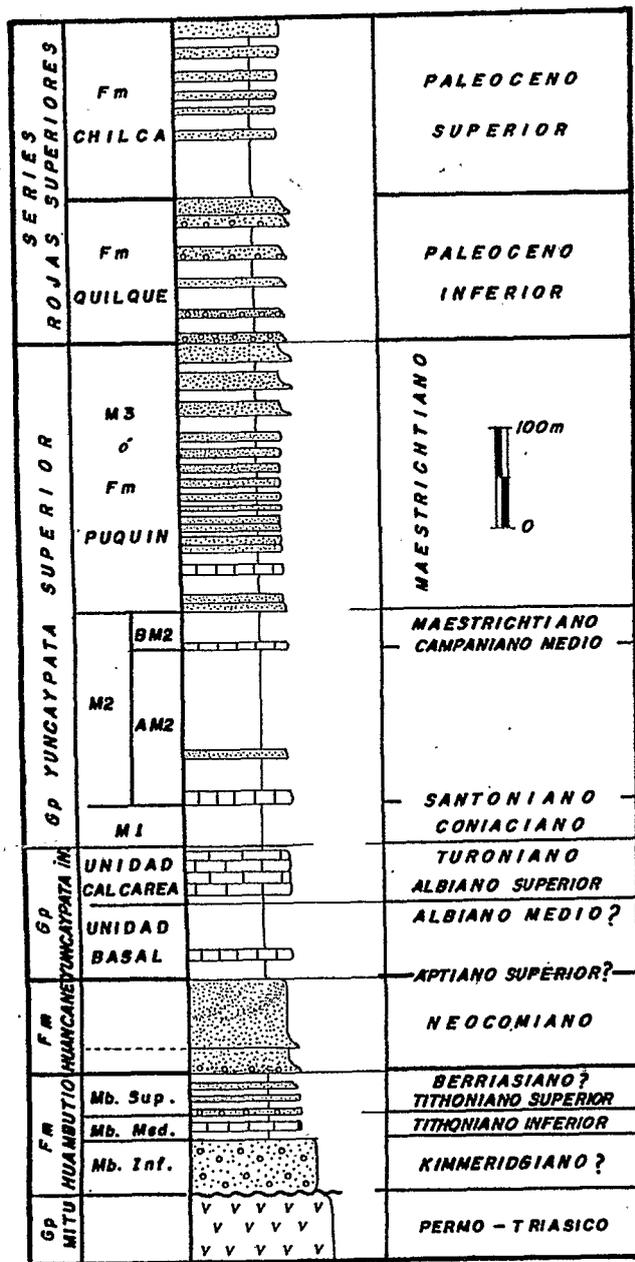


Fig. 2 - Columna estratificada generalizada de las rocas Permo Paleocenas de la región de Cusco. Tomado de Carlotto *et al.* (1992).

1. 2. Litología

La formación Huancané está principalmente compuesta por areniscas cuarzosas, areniscas conglomerádicas, conglomerados y lutitas. Las areniscas, que constituyen la mayoría de los afloramientos, son blancas o rosadas y contienen en general más de 90% de cuarzo, algunos feldespatos, restos de rocas o chert, y muy poco de matriz. Los granos son subredondeados a redondeados, los que pueden ser cubiertos por el cemento silíceo. Esta cementación no es sistemática, en particular, en la parte superior de la formación, donde las areniscas contienen frecuentemente una matriz de caolinita que las hacen muy friables.

La formación Huancané ha sido dividida en dos unidades (Candia & Carlotto, 1985) (Fig. 3):

I. La Unidad Inferior (10-50m), está compuesta de conglomerados, areniscas conglomerádicas y areniscas cuarzosas con laminaciones oblicuas, donde la base de los bancos presenta canales y la granulometría es decreciente. La parte superior está constituida localmente por un nivel calcáreo (Queqayoc) o por niveles finos de lutitas rojas o negras.

II. La Unidad Superior (70-150m) se compone principalmente de barras arenosas, masivas o con laminaciones oblicuas que presentan la particularidad de ser continuas sobre decenas de kilómetros. La base de esta unidad puede ser localmente erosiva y marcada por un banco conglomerádico, como en Juliaca y Putina (Batty & Jaillard, 1989).

1. 3. Edad

En la localidad de Huambutío (Fig. 3), un horizonte de lutitas negras al techo de la Unidad Inferior, contiene plantas mal conservadas y una microflora (Doubinger & Marocco, 1976) que presenta afinidades con las del Cretácico inferior de Santa Cruz (Argentina). La variedad de formas del género *Callialasporites* sp, *Cicatricosisporites australiensis* y *Appendicisporites* sp., que juntos, más la ausencia de polen de dicotiledonas, sitúan esta asociación indiscutiblemente en el Cretácico inferior, sin más precisión (Doubinger & Marocco, 1976).

La base de la formación Huancané corresponde a la llegada de areniscas blancas y conglomerados que se les encuentra en todas las regiones del Perú, bajo la forma de depósitos marinos o fluviales. En la Cuenca Occidental sur peruana los depósitos neocomianos son conocidos con el nombre de formación Huallhuani y formación Murco (Benavides, 1962) o formación Soraya (Pecho, 1981), en la zona subandina como grupo Oriente o formación Cushabatay; y en la Cuenca Occidental del Perú central es conocida como formación Goyllarisquizga. Aunque llevando nombres de formaciones diferentes, la aparición de estas areniscas parecen ser sincrónicas a la escala del Perú (Moulin, 1989). En Lima, sobre la costa, la formación Salto del Fraile (equivalente de la base de la formación Huancané) está datada del Valanginiano inferior (Rivera *et al.*, 1975). Para Wiedmann (1981) los depósitos de esta formación podrían comenzar después del Berriasiano superior. En la cuenca Oriental del norte del Perú, la base de la formación Cushabatay está datada del Valanginiano inferior a medio (Tarazona, 1985). En consecuencia, la discontinuidad de base de la formación Huancané, y por lo tanto, la llegada de las areniscas cuarzosas, está comprendida entre el Berriasiano superior y el Valanginiano inferior.

El nivel de brechas calcáreas al techo de la Unidad Inferior marcaría una transgresión marina, probablemente contemporánea a la formación Santa del Perú central y septentrional, de edad Valanginiana (Benavides, 1956).

En cuanto al límite superior de la formación Huancané, se le debe considerar como de edad Aptiana superior, pues la formación Goyllarisquizga del Perú central y norte está sobreyacido por formaciones marinas datadas del Aptiano superior-Albiano basal (Benavides, 1956; Wilson, 1963).

2. ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO

2.1. Descripción de Litofacies

Para la descripción de las litofacies se utiliza la nomenclatura de facies de Miall (1984), ligeramente modificada (Fig. 3 y 4).

2.1.1. Facies conglomerádicas (G)

La facies G está constituida por conglomerados con clastos de cuarzo, cuarcita y menos frecuentemente, clastos de rocas volcánicas. Los clastos son mayormente subredondeados a redondeados y su tamaño varía generalmente de 1 a 10 centímetros, excepto en Paucarbamba donde llega a los 25 centímetros. La matriz está compuesta por areniscas cuarzosas y el cemento generalmente es silíceo. El contacto basal es erosional, mientras que el contacto superior es gradacional a areniscas conglomerádicas y areniscas gruesas. Las superficies erosivas o en canal, frecuentes en la base de los bancos (Unidad Inferior) o en la base o en el seno de las barras arenosas (fig. 4), están algunas veces tapizadas de capas conglomerádicas de facies G, cuyos espesores varían entre 0.10 y 0.30 m.

2.1.2. Facies de areniscas masivas (Sm)

La facies Sm corresponde a areniscas cuarzosas blancas masivas de grano medio a grueso, sin estructura aparente. Esta facies se encuentra generalmente encima de superficies erosivas y en bancos de espesores variables, entre 0.5 y 5 metros.

2.1.3. Facies con laminaciones oblicuas curvas (Sx)

Constituye la facies más frecuente de la formación Huancané. Las areniscas que presentan esta facies son de grano medio a grueso. Se hallan sobre las facies conglomerádicas G, sobre las facies Sm o sobre superficies erosivas. Las dimensiones de las laminas son muy variables (altura entre 0.15 y 2 m). Los *overturns* son algo frecuentes dentro las facies Sx, e indican la deformación de las laminaciones oblicuas curvas por corrientes excepcionalmente tractivas.

2.1.4. Facies con laminaciones oblicuas planas (Sp)

Esta facies se presenta en areniscas blancas de grano medio, en bancos cuyo espesor varía entre 0.30 y 1.5 metros. Esta facies se halla frecuentemente sobre las areniscas de facies Sx.

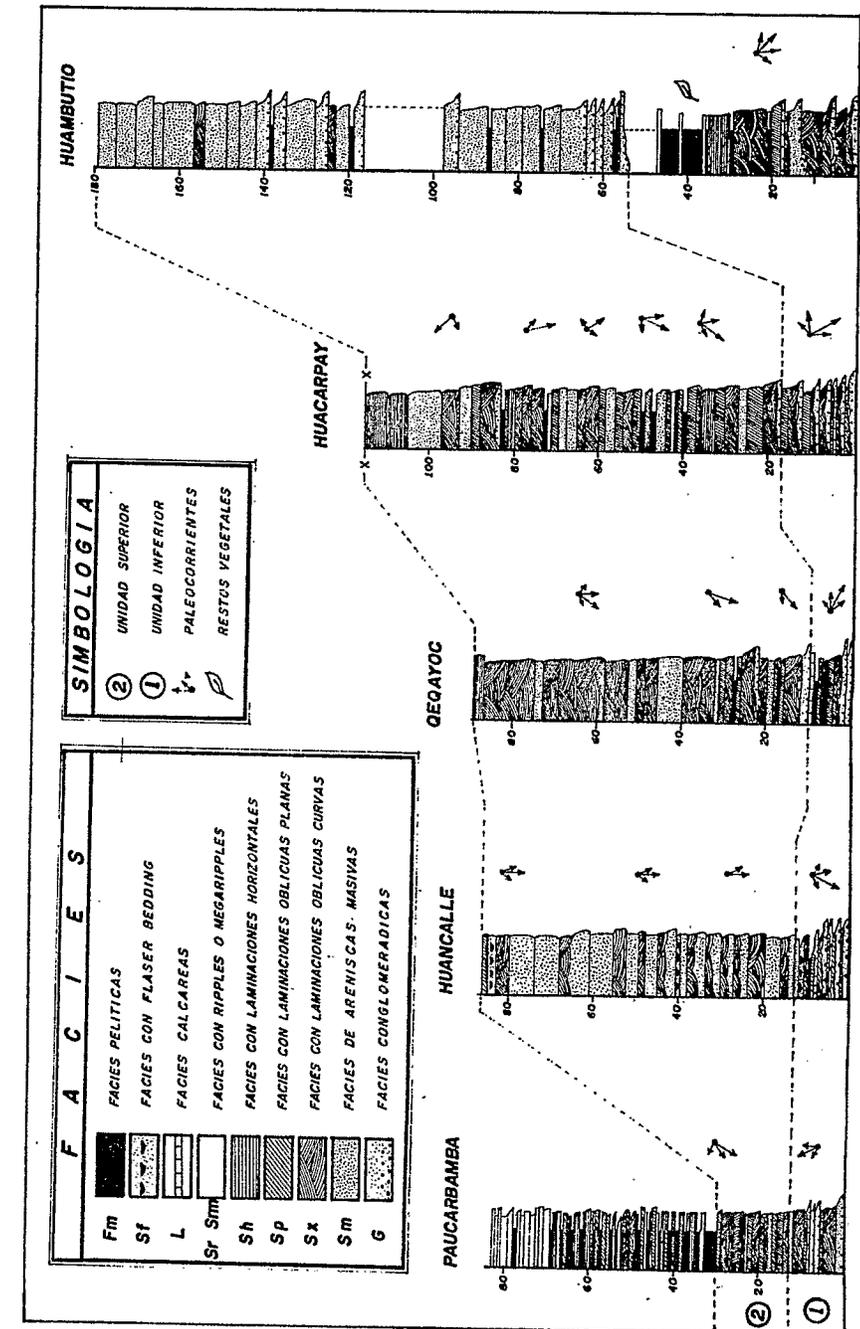


Fig. 3 - Columnas de la Formación Huancané mostrando las facies sedimentarias y paleocorrientes. La ubicación de las localidades se halla en la figura 1.

2. 1. 5. Facies con laminaciones horizontales de alto régimen (Sh)

La facies con laminaciones horizontales de alto régimen es poco frecuente y está constituida por areniscas finas o gruesas. Se encuentra en bancos de espesores que varían entre 0.30 y 1.5 metros. Son característicos los bancos gruesos al techo de la formación en Queqayoc y Huacarpay, los que reposan sobre las areniscas de facies Sx o Sp.

2. 1. 6. Facies con ripples de corriente (Sr)

Esta facies es muy rara, pero ha sido observado al techo de algunas barras arenosas, donde los ripples son de dimensiones centimétricas. Igualmente, se han observados en delgados niveles de areniscas finas, dentro de niveles lutíticos.

2. 1. 7. Facies Pelíticas (Fm)

Está compuesta por lutitas negras, negro verdosas, rojas y por limolitas ocreas, y amarillas. Los niveles negros contienen abundantes restos de plantas mal conservadas, tal como se aprecia en Huambutío. En las zonas donde la formación Huancané tiene menores espesores, las facies Fm corresponden a limolitas y lutitas rojas de débiles espesores.

2. 1. 8. Facies con flaser bedding (Sf)

Se tratan de areniscas finas a medias de color rojizo, con cemento calcáreo, que presentan estructuras de *flaser bedding*. El espesor de los bancos varía entre 0.20 y 1 metro y muchas veces se hallan erosionados por bancos superiores. Estas facies se han reconocido en Huancalle y Pisac.

2. 1. 9. Facies calcáreas (L)

En Queqayoc, se presenta un nivel de 0.70 metros de calizas arenosas con aspecto brechoso y estructuras similares a *slumps*, que parecen indicar una deformación interna sinsedimentaria.

2. 2. Organización de las secuencias de facies y medios sedimentarios

2. 2. 1. Barras Arenosas

Se ha reconocido una secuencia de barras arenosas (Fig. 4), que son cuerpos relativamente tabulares y de gran continuidad lateral, que se organiza verticalmente en un solo tipo de secuencia de facies (denominada A por Moulin, 1989, para la formación Goyllarisquizga), la que es granodreciente y está limitada por bases erosivas o en canal y presenta de abajo hacia arriba:

- base erosiva o en canal
- capa conglomerádica de facies G
- facies Sm de areniscas masivas
- facies Sx con laminaciones oblicuas curvas
- facies Sp con laminaciones oblicuas planas
- facies Sh con laminaciones horizontales de alto régimen, y excepcionalmente,
- facies Sr con ripples de corriente.

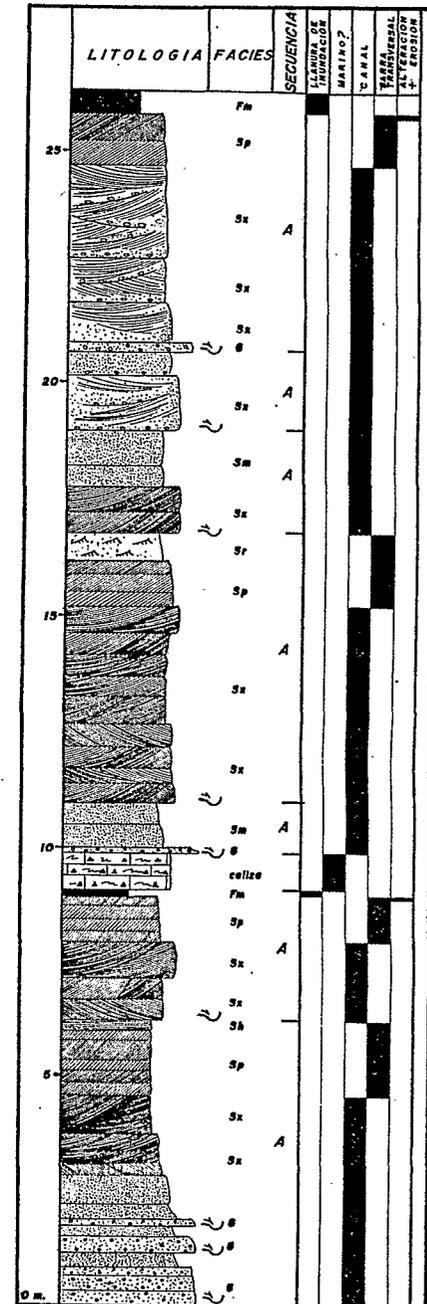


Fig. 4 - Facies y secuencias de facies A en los depósitos de barras arenosas, en la columna de Queqayoc.

En general, la secuencia A no siempre contiene todas las facies descritas anteriormente, pero éstas se superponen en el orden mencionado. El techo de las barras arenosas está sistemáticamente recubierto por una superficie de alteración de color amarillento muy pronunciado. Estas superficies se presentan bajo la forma de costras de oxidación de espesor milimétrico a centimétrico. En general, están fuertemente cementadas y contrastan con las areniscas blancas subyacentes fácilmente erosionables (Queqayoc). En las costras, las areniscas blancas contienen manchas de oxidación, las que en realidad son concreciones *sensu stricto* (Corrales *et al.*, 1977), de tamaño milimétrico a centimétrico, cuyo número crece hasta invadir el conjunto de las areniscas al nivel de la costra. En lámina delgada los granos de cuarzo presentan una corrosión importante al nivel de las manchas de oxidación; los espacios de corrosión están rellenos por óxidos y los espacios intergranulares por un cemento carbonatado de tipo siderítico.

Las discontinuidades sedimentarias importantes de la formación Huancané se sitúan pues al techo de las barras arenosas y corresponden a lagunas en la sedimentación más o menos importantes, las que pueden estar acompañadas de una erosión. Sin embargo, en las regiones donde la serie es poco espesa (mayoría de los afloramientos) las barras arenosas se van a perder por desaparición de las facies finas, no observándose las superficies de oxidación.

2.2.1.1. Medio de Depósito

Las facies G y Sx, las más representativas de la Unidad Inferior, corresponden a depósitos de canal de un sistema fluvial entrelazado. Las facies Sp con laminaciones oblicuas planas en bancos de espesor decreciente representan depósitos de barras transversales de tipo de canal.

Gracias a los estudios detallados de facies, Moulin (1989) ha determinado que las secuencias de barras arenosas del grupo Goyllarisquizga superior del Perú central, serían análogas al sistema fluvial en trenza del río Saskatchewan (Cant & Walker, 1978), lo que nosotros admitimos también para la formación Huancané. Estas barras arenosas más o menos continuas pueden ser interpretadas como el resultado de la superposición y unión de varios sistemas fluviales.

Para Cant & Walker (1978) la presencia de depósitos de barras arenosas que son continuas sobre decenas de kilómetros, caracterizan la sedimentación fluvial entrelazada. Las barras arenosas de este tipo han sido descritas por Campbell (1976) en las areniscas fluviales trásicas de la formación Morrison de Estados Unidos, denominadas *fluvial sheet sandstones* interpretadas como el resultado de la agradación y la unión de varios sistemas fluviales entrelazados.

Finalmente, la corrosión del cuarzo y el cemento siderítico observados en las concreciones s.s. al techo de las barras arenosas, permiten situar la formación de estas costras ruginosas en un medio continental (Combes, in Moulin, 1989).

2.2.2. Intervalos de facies pelíticas

Los intervalos de facies pelíticas (Fig. 5) pueden agruparse en secuencias de facies denominada D por Moulin, 1989, para la formación Goyllarisquizga, que son un tipo de

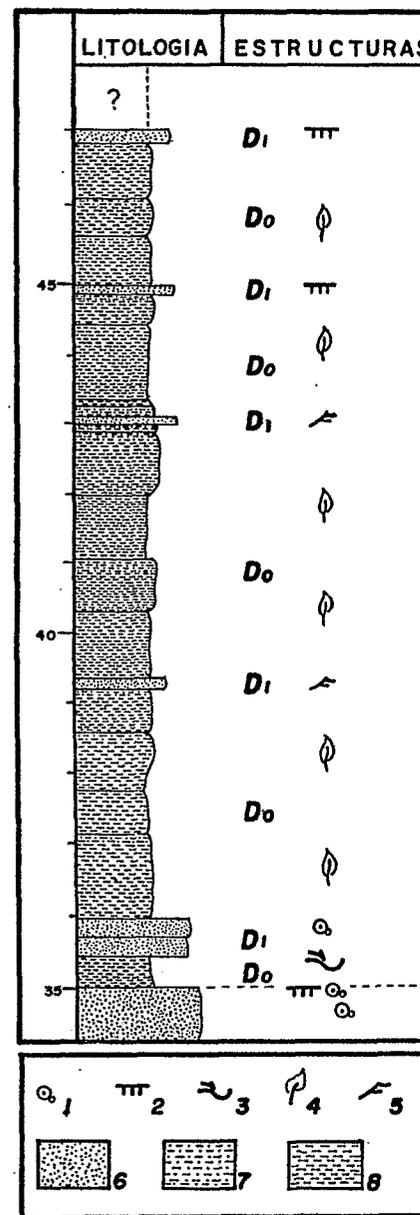


Fig. 5 - Facies y secuencias de facies en los depósitos de llanura de inundación en la columna de Huambutío. 1. Concreciones s.s. 2. Superficie de oxidación. 3. Canal. 4. Restos de plantas. 5. Ripples. 6. Areniscas. 7. Limolitas. 8. Lutitas.

microsecuencias ligada entre ellas. Así, la secuencia de facies D0 está formada exclusivamente por facies Fm de lutitas o limolitas. La secuencia de facies D1 consiste en intercalaciones de niveles arenosos muy finos de facies Sr, en los depósitos pelíticos de facies Fm. Las microsecuencias D se superponen de manera continua en secuencias de facies granocrecientes de 1 a 4 metros de espesor. Lateralmente, las secuencias de facies D1 disminuyen de espesor en favor de las facies pelíticas.

2. 2. 2. 1. Medio de Depósito

En los depósitos de las secuencias de facies D, las estructuras internas en los niveles arenosos (cuando es posible observarlos) son ripples de corriente o megaripples, los que aunados a la forma lenticular, nos hace pensar, que estas secuencias corresponden a depósitos de *levées*, y su débil proporción parece indicar el desarrollo muy limitado de la llanura de inundación. Por otra parte, la ausencia casi sistemática de estructuras sedimentarias en los depósitos de *levées* es interpretada como relacionada a la bioturbación, a la alteración pedogenética (grietas de desecación) o a la paleovegetación. Los niveles lutíticos o limolíticos de facies D0 representan los depósitos de llanura de inundación. En consecuencia, los depósitos finos con raros canales arenosos, asociados a los depósitos de *levées*, pueden ser interpretados como depositados en una llanura deltaica bajo un clima húmedo, ya que los materiales vegetales probablemente se han depositado en pantanos y turberas. Sin embargo, los niveles pelíticos y arenosos, ocreos, rojizos y amarillentos observados en los intervalos finos, pueden ser interpretados como depositados en la parte alta de la llanura deltaica. El mejor drenaje que caracteriza esta zona explicaría la no conservación de la materia orgánica, a excepción de Huambutío, donde el intervalo fino se depositó en un medio pantanoso protegido.

2. 2. 3. Facies con posible afinidad marina

En algunos afloramientos se han observado pequeñas capas con facies calcáreas y de areniscas con *flaser bedding* que posiblemente tengan afinidad marina, tal es el caso de Queqayoc (Fig. 4), Huancalle (Fig. 3) y Pisac.

2. 2. 3. 1. Medio de depósito

El banco calcáreo encontrado en Queqayoc puede haberse depositado en un medio lagunar detrás de la costa. Sin embargo, este nivel también pudo haberse depositado en un medio lacustre. En ambos casos, el origen de estas calizas habrían tenido relación con un alza del nivel del mar. En tanto que las areniscas cuarzosas con *flaser bedding* indicarían un medio tidal.

2. 3. La evolución vertical de las secuencias de facies

La formación Huancané, aparece formada como una superposición de secuencias verticales de facies, donde la sucesión típica comprende de abajo hacia arriba:

1. Un conjunto de areniscas masivas en barras de un sistema fluvial entrelazado.

3. Un intervalo de facies pelíticas con lentes arenosos que corresponden a una sedimentación de llanura de inundación desarrollada en la planicie deltaica.

4. Un nivel de facies calcáreas con posible afinidad marina.

Los sistemas fluviales entrelazados de barras arenosas corresponden a una sedimentación continental verdadera, es decir, encima de la línea de bahía (Posamentier *et al.*, 1988). Como todos los sistemas de depósitos entrelazados, éstos están ligados a una gradiente de terreno importante y la agradación resulta principalmente de la acreción lateral del canal (Cant & Walker, 1978; Blodgett & Stanley, 1980).

Contrariamente al sistema fluvial entrelazado, la sedimentación de los intervalos finos de llanura de inundación corresponden más a un medio de planicie deltaica (Wright, 1985; Elliott, 1986) situado entre las líneas de bahía y de costa (Posamentier *et al.*, 1988). En efecto, la planicie deltaica es un medio muy propicio al desarrollo de una llanura de inundación, cuya formación está ligada a una gradiente de terreno más débil que al sistema fluvial entrelazado.

Los depósitos con posible afinidad marina observados en ciertos afloramientos pueden ser interpretados como debidos a máximos eventos transgresivos que alcanzaron la región.

3. SECUENCIAS DE DEPÓSITOS Y SU RELACIÓN CON LAS VARIACIONES DEL NIVEL DEL MAR

Las causas de la alternancia de sistema fluvial entrelazado/llanura deltaica para la formación Goyllarisquizga, han sido buscadas por Moulin & Seguret (1988), en los efectos de las variaciones relativas del nivel del mar (eustatismo, subsidencia y compactación) sobre la sedimentación en la plataforma. Posamentier *et al.* (1988), consideran que los parámetros de subsidencia y compactación son relativamente invariables por comparación con las variaciones eustáticas, y que las variaciones de velocidad de movimientos eustáticos controlan la sedimentación sobre la plataforma.

Las secuencias verticales de facies observadas en la formación Huancané pueden ser interpretadas con la ayuda del modelo de secuencias de depósito de Posamentier *et al.* (1988), en el que, la sedimentación fluvial y deltaica está controlada por las variaciones del nivel del mar y los movimientos laterales de la línea de bahía. Moulin & Seguret (1989) han esquematizado la evolución de una plataforma en el curso de un ciclo eustático (Ciclo 1, Fig. 6; o Ciclo 2). Esta reconstitución permite distinguir los principales estados que constituyen una secuencia completa de la formación Goyllarisquizga, la que también es asumida para la formación Huancané.

3. 1. Las superficies de oxidación

La sedimentación arenosa fluvial entrelazada se emplaza al inicio de la baja del nivel del mar (fin del *Highstand Systems Tract*, Fig. 6A) y termina cuando el nivel relativo del mar remonta (Ciclo 2) o cuando la velocidad de caída eustática sobrepasa la velocidad de

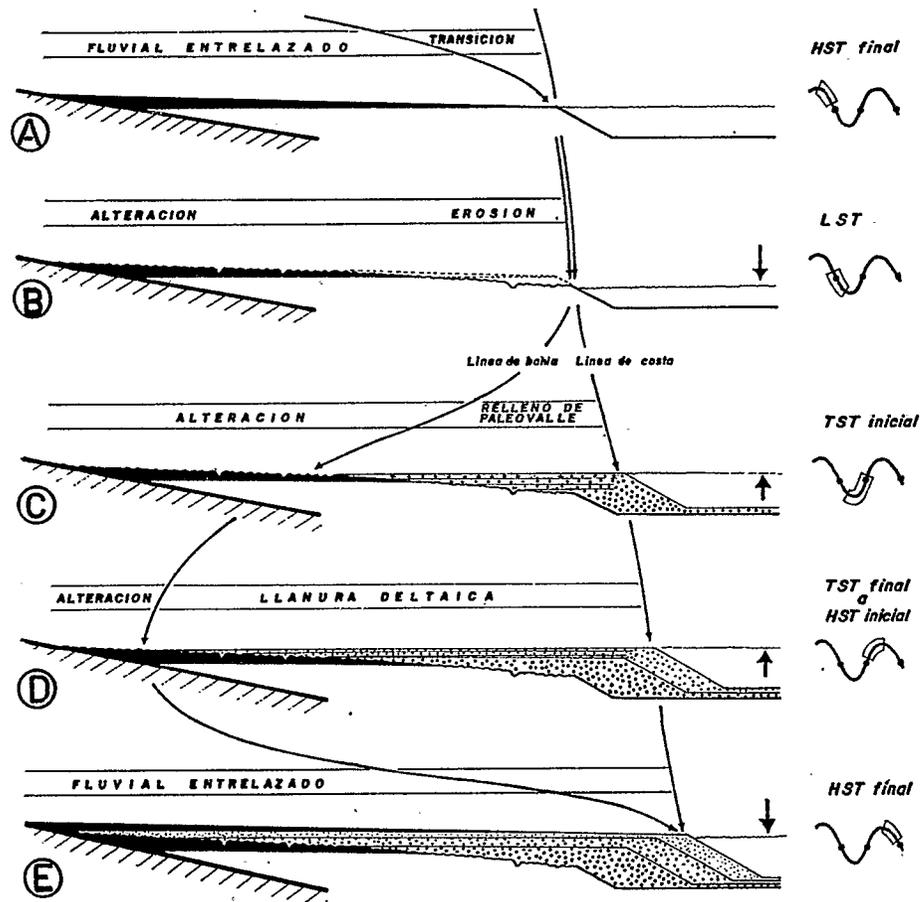


Fig. 6 - Esquema de construcción de una secuencia de depósito de la formación Goyllarisquizga, en función de las variaciones eustáticas (tomado de Moulin & Seguret, 1989) que ha servido de modelo para la formación Huancané. HST: Highstand Systems Tract. LST: Lowstand Systems Tract. TST: Transgressive Systems Tract.

erosión (Fig. 6B). Las superficies de oxidación y erosión que se observan al techo de las barras arenosas de la formación Huancané, pueden ser consideradas como equivalentes a estas discontinuidades.

Durante la baja del nivel del mar y al inicio del ascenso eustático (*Lowstand Systems Tract* del ciclo 1, o *Shelf Margin Systems Tract* del ciclo 2) la alteración aérea y la erosión afectan las zonas emergidas de la plataforma (Fig. 6B) hasta su relleno en agua (inicio del *Transgressive Systems Tract*), especialmente de los valles excavados durante la emersión (Fig. 6C).

3. 2. El sistema de planicie deltaica

Al inicio del reascenso del nivel marino (*Lowstand Wedge Systems Tract* para el ciclo 1, o *Shelf Margin Systems Tract* para el ciclo 2, e inicio del *Transgressive Systems Tract*) la línea de bahía se desplaza hacia el continente impidiendo que se desarrolle la sedimentación fluvial, y los primeros depósitos corresponden al relleno de paleovalles (*valley-fill*) por facies arenosas de canal y de levées de llanura de inundación (Fig. 6C). Depósitos de relleno de paleovalles no han sido observados en la región de Cusco, tal vez por encontrarse en una zona bastante proximal.

Durante este ascenso del nivel marino (*Transgressive Systems Tract*, e inicio del *High Stand Systems Tract*), la oxidación y la erosión prosiguen en la parte continental de la plataforma, mientras que la parte baja (planicie deltaica) es ya asiento de una sedimentación (Fig. 6, C y D).

Cuando el nivel marino está al final de su ascenso eustático (fin del *Transgressive Systems Tract* e inicio del *Highstand Systems Tract*), los sedimentos detríticos se limitan a la sedimentación deltaica en *onlap* sobre la plataforma (Fig. 6D). En la región de Cusco, los intervalos de facies pelíticas se han depositado en la parte proximal de la llanura deltaica, lo que explica, el poco espesor de éstos o su desaparición, por erosión o no deposición.

Igualmente al inicio del *Highstand Systems Tract* se produce un máximo transgresivo, el que puede estar representado en las partes proximales por depósitos marinos. Los niveles calcáreos y areniscas calcáreas con *flaser bedding* con posible afinidad marina, que aparecen en algunos afloramientos de la región, pueden representar estos máximos transgresivos.

3. 3. El sistema fluvial entrelazado

La línea de bahía retoma su migración hacia el mar (Fig. 6E, fin del *Highstand Systems Tract*), cuando en ese lugar de la plataforma la velocidad de caída eustática sobrepasa la tasa de subsidencia (Ciclo 1). Su desplazamiento crea, hacia el continente, un espacio acomodable (Posamentier *et al.*, 1988) que permite el desarrollo de la sedimentación fluvial entrelazada que prograda sobre los depósitos de la llanura deltaica (Fig. 6E). Esta progradación se termina, sea, con el detenimiento de la migración de la línea de bahía (Ciclo 2), sea con el descenso de ésta por debajo del borde de la plataforma (Ciclo 1). Un periodo de alteración y de erosión se instala entonces y marca así el inicio de una nueva secuencia de depósito.

4. PALEOGEOGRAFÍA

4. 1. Espesores

La formación Huancané de la región de Cusco presenta espesores pequeños y muy particularmente a lo largo del eje del Anticlinal de Vilcanota (Fig. 1), donde tiene un espesor promedio de 75 metros. Se ha construido un mapa de isópacos (Fig. 7). En forma general los espesores son mayores hacia el NE de una línea que pasa entre Huambutío-Queqayoc-Paucarbamba, que coincide con el eje del Anticlinal del Vilcanota. Localmente, se observan aumentos mayores, entre Huayllabamba y el NO de Urcos, y al NE de Calca, donde la formación sobrepasa los 300 metros. En estas zonas actualmente se observa que la formación Huancané se encuentra repetida a manera de escamas, lo que podemos interpretar como que

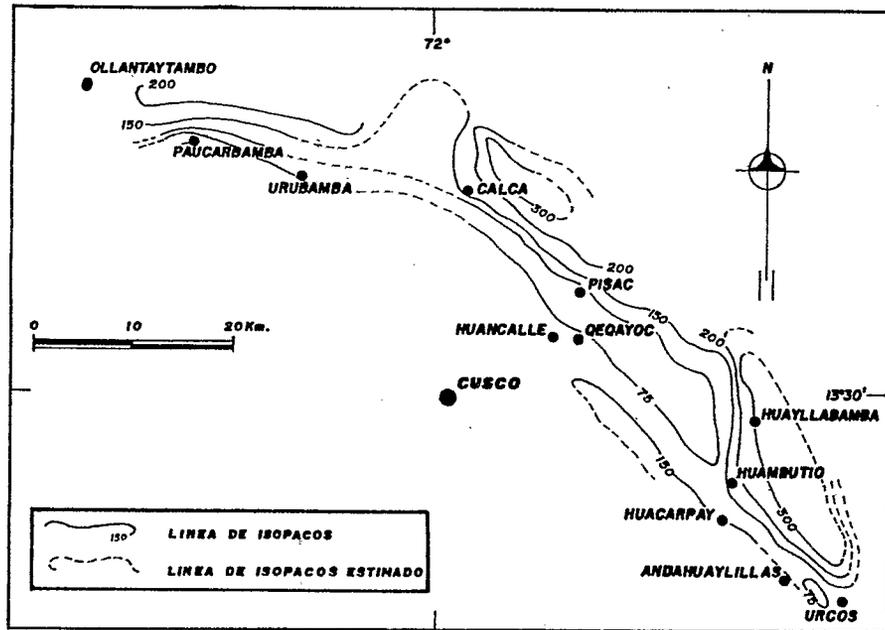


Fig. 7 - Mapa de isópacos de la formación Huancané.

dicho aumento está relacionado a fallas normales sinsedimentarias que han sufrido inversiones tectónicas en compresión durante las fases tectónicas andinas. Al SO del eje Huambutío-Huancalle, también se observa localmente un ligero aumento de espesores. Más al sur, no es posible estudiar la formación Huancané, por que ésta se halla cubierta por depósitos posteriores. Sin embargo, por correlaciones con afloramientos de Marangani-Sicuaní al SE y Curahuasi al NO, podemos asumir que los espesores hacia el SO son pequeños y están relacionados con la existencia de un umbral (Batty *et al.*, 1990).

4. 2. Estructuras tectónicas sinsedimentarias

Los índices de actividad tectónica sinsedimentaria son poco numerosos y poco desarrollados. En Queqayoc se observan fallas normales sinsedimentarias con desplazamientos centimétricos cuyas medidas muestran que la deformación está ligada a una distensión NO-SE. Por otra parte, la diferencia de espesores (20 m) entre dos columnas próximas, distantes 300 metros aproximadamente (Queqayoc), pueden ser debidas a una falla normal NE-SO retomada por la tectónica andina. El nivel de brechas calcáreas cerca al límite entre la Unidad Inferior y la Unidad Superior, parece tener un aspecto de *slumps* deformados, lo que indicaría una actividad tectónica al momento del depósito. El mapa de isópacos de la formación Huancané que muestra un mayor espesor hacia el NE, sugiere que la subsidencia estaba controlada por estructuras heredadas de eventos tectónicos del Kimmeridgiiano-Berriasiano (Carlotto, 1992). Así, de manera general, se puede definir una

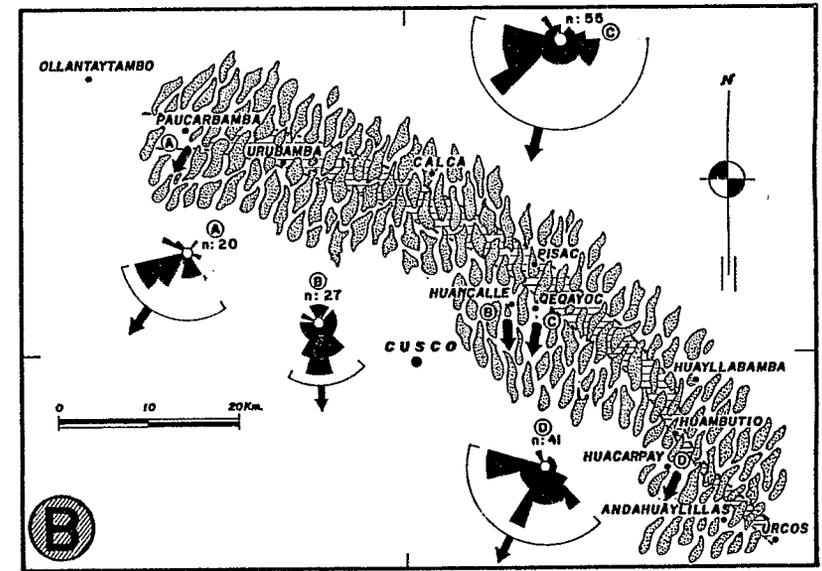
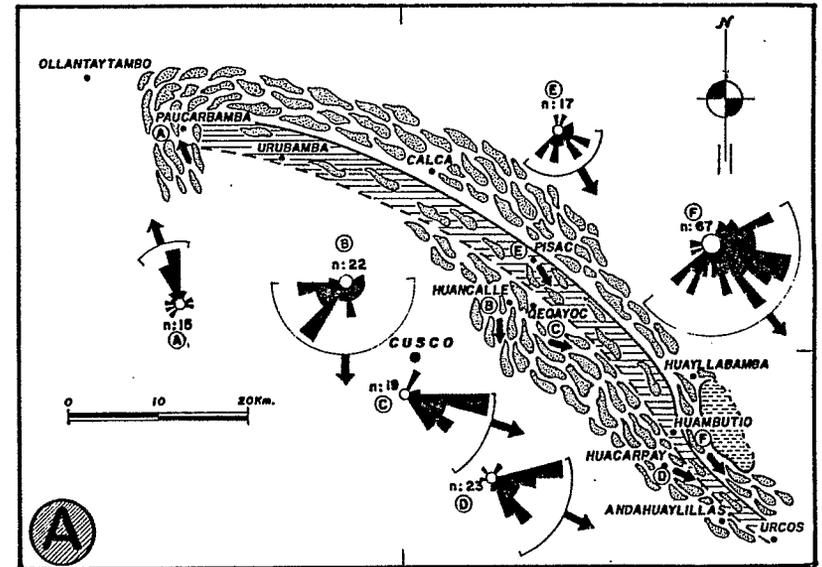


Fig. 8 - Esquema paleogeográfico de la formación Huancané. A: Unidad Inferior; B: Unidad Superior; 1. Depósitos fluviales; 2. Depósitos de llanura de inundación; 3. Alto estructural ligeramente cubierto por sedimentos; 4. Sentidos de transporte medidos a partir de estructuras sedimentarias; 5. Sentidos de transporte promedio.

zona más subsidente al NE y otra zona menos subsidente al SO. En consecuencia, la actividad tectónica durante la sedimentación de la formación Huancané es poco importante, las variaciones de espesor y las escasas estructuras sinsedimentarias observadas serían debidas a la subsidencia diferencial entre el sector NE más subsidente y el sector SO menos subsidente que localmente están separados por altos y bajos estructurales.

4. 3. Paleocorrientes

Las medidas de paleocorrientes han sido obtenidas principalmente en laminaciones oblicuas curvas y planas que son abundantes en la formación Huancané. Después de la restitución de la orientación original de los cuerpos sedimentarios medidos, se han obtenido sentidos unimodales relativamente dispersos, característicos de medios fluviales entrelazados.

En la Unidad Inferior de la formación, las paleocorrientes son unidireccionales, pero éstas varían de un afloramiento a otro, así en Paucarbamba, los sentidos de corriente son hacia el NNO, en Queqayoc hacia el ESE, en Huancalle hacia el S, y en Pisac, Huambutfo y Huacarpay hacia el SE (Fig. 3 y 8A). Estos sentidos variables de paleocorrientes en los diferentes afloramientos, son interpretados como debidos a la paleogeografía heredada (relieve pre-neocomiano) (Fig. 8A). En efecto, en Paucarbamba, la formación Huancané se ha depositado sobre magníficos paleorelieves, que afectan, tanto a la formación Huambutfo como al grupo Mitu. En los sectores de Huancalle, Queqayoc, Huacarpay y Huambutfo donde las paleocorrientes son más bien hacia el SE, los ríos eran paralelos a los accidentes que habían controlado la sedimentación de la formación Huambutfo y habían delimitado un umbral al SO (Carlotto, 1992) (Fig. 9). Las variaciones de espesor indican que durante la depositación de la Unidad Inferior comenzaba a desarrollarse una cuenca subsidente al NE, por comparación al sector SO menos subsidente, que localmente delimitaba altos y bajos, dentro de lo que parece corresponder al Umbral Cusco-Puno (Carlotto, 1992) (Fig. 9).

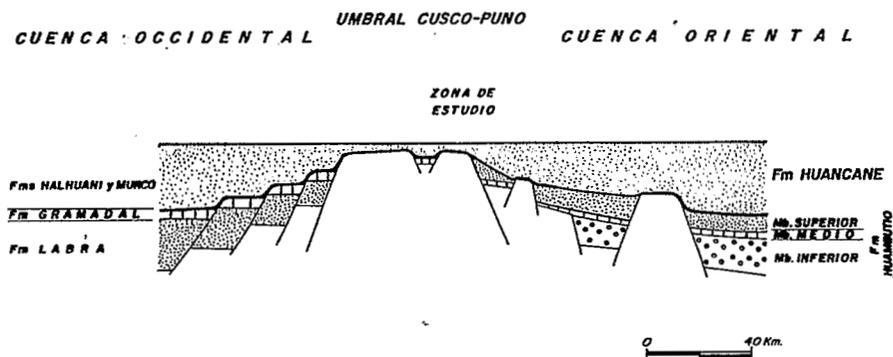


Fig. 9 - Corte paleogeográfico de la formación Huancané mostrando el Umbral Cusco-Puno separando la Cuenca Occidental de la Cuenca Oriental (basado en Jaillard, 1994).

En la Unidad Superior las paleocorrientes son también unidireccionales, pero en este caso se ve que todos los afloramientos muestran casi el mismo sentido hacia el S y SSO (Fig. 3 y 8B). Esto indica que los ríos eran algo paralelos y recubrían toda la región, incluyendo los altos y bajos estructurales, tanto del umbral como de su límite con el borde SO de la Cuenca Oriental (Fig. 9). Igualmente, las variaciones de espesores muestran mejor la existencia de varias subcuencas más subsidentes al NE y un alto menos subsidente al SO.

En general, las paleocorrientes indican que la procedencia de los sedimentos era del NE, de la erosión del escudo brasileño, lo que ratifica las observaciones realizadas por otros estudios en el oriente peruano (Martínez, 1980), en el centro (Moulin, 1989) y sur del Perú (Batty & Jaillard, 1989). La procedencia NE de los sedimentos es interpretada como el resultado del inicio del rifting de la parte septentrional del Atlántico sur (Jaillard, 1994).

5. CONCLUSIONES

La formación Huancané de la región de Cusco se caracteriza por presentar: facies arenosas de canales entrelazados, intercalados débilmente con facies pelíticas de llanura de inundación, y raros niveles calcáreos con posible afinidad marina.

Las facies se organizan según una secuencia vertical: superficies de oxidación y erosión, facies pelíticas de planicie deltaica, facies calcáreas con posible afinidad marina, y finalmente, barras arenosas fluviales. Estas secuencias verticales de facies han sido interpretadas con la ayuda del modelo de secuencias de depósito de Posamentier *et al.* (1988), en el que la sedimentación fluvial y deltaica es controlada por las variaciones del nivel del mar y los movimientos laterales de la línea de bahía. Las superficies de oxidación-erosión se desarrollan durante el descenso del nivel del mar, cuando la línea de bahía desciende por debajo del borde de la plataforma (*Lowstand Systems Tract*) o cuando ésta retoma su migración hacia el continente (*Shelf Margin Systems Tract*). La sedimentación en la planicie deltaica está relacionada con la subida del nivel marino, primeramente, rellenando las depresiones (*Shelf Margin Systems Tract* e inicio del *Transgressive Systems Tract*), y luego, extendiéndose a toda la plataforma (fin del *Transgressive Systems Tract* e inicio del *Highstand Systems Tract*); esta sedimentación está representada en Cusco por los depósitos pelíticos de llanura de inundación. Al inicio del *Highstand Systems Tract* se produce un máximo transgresivo, el que parece estar raramente representado en la región de Cusco por depósitos con posible afinidad marina. Finalmente, la sedimentación fluvial entrelazada, típica de la formación Huancané está relacionada con el fin del periodo de alto nivel marino (*Highstand Systems Tract*) y el retorno de la línea de bahía hacia el mar.

La sedimentación de la formación Huancané, se realizaba al límite entre el borde SO de la Cuenca Oriental y el Umbral Cusco-Puno, que localmente presentaba altos y bajos estructurales, con una subsidencia diferencial, mayor al NE y menor al SO. En forma general, los ríos procedían del NE por efecto de un levantamiento general del escudo brasileño, el que estuvo ligado al inicio de un proceso de rifting de la parte septentrional del Atlántico sur. Los ríos, en la región, al inicio recorrían paralelos a los accidentes que habían controlado la sedimentación de la formación Huambutfo, y posteriormente recubrían toda la región.

Agradecimientos

Este artículo fue realizado gracias al apoyo brindado por el Instituto Francés de Estudios Andinos (IFEA), el Instituto Francés de Investigación para el Desarrollo en Cooperación (ORSTOM) y la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), instituciones a las que agradecemos profundamente. Igualmente queremos agradecer a los doctores Víctor Benavides, Étienne Jaillard y René Marocco por la revisión y las críticas al presente trabajo, las que han sido muy valiosas.

Referencias citadas

- AUDEBAUD, E., 1973 - Geología de los cuadrángulos de Ocongate y Sicuani. *Boletín del Instituto de Geología Minería y Metalurgia*, 25: 72 p.; Lima.
- BATTY, M. & JAILLARD, É., 1989 - La sedimentación neocomiana (Jurásico terminal-Aptiano) en el Sur del Perú. in: *Contribuciones de los simposios sobre el Cretácico de América latina, A: Eventos y registro sedimentario*: 75-88, Buenos-Aires.
- BATTY, M., CARLOTTO, V., JACAY, J. & JAILLARD, É., 1990 - The Kimmeridgian (?) early Valanginian tectonic events on the Peruvian margin. in: *International Symposium on Andean Geodynamics* (Grenoble 1990): 265-268; Paris: Orstom Publications.
- BENAVIDES, V., 1956 - Cretaceous system in Northern Peru. *American Museum of Natural History Bulletin*, 108: 352-494.
- BENAVIDES, V., 1962 - Estratigrafía pre-Terciaria de la región de Arequipa. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, 38: 5-63.
- BLODGETT, R.H. & STANLEY, K.O., 1980 - Stratification, bedforms, and discharge relations of the Platte River system, Nebraska. *Journal Sedimentary Petrology*, 50: 139-148.
- CAMPBELL, C.V., 1976 - Reservoir geometry of a fluvial sheet sandstone. *The American Association of Petroleum Geologist Bulletin*, 60: 1009-1020.
- CANDIA, F. & CARLOTTO, V., 1985 - Estudio Geológico de la Zona Huambutío-Lamay (Departamento de Cusco). Tesis de Ingeniero, Universidad de Cusco, 88 p.
- CANT, D.J. & WALKER, R. G., 1978 - Fluvial processes and facies sequences in the sandy braided South Saskatchewan, Canada. *Sedimentology*, 25: 625-648.
- CARLOTTO, V., 1992 - Relations entre sédimentation, paléogéographie et tectonique dans la région de Cuzco (Sud du Pérou) entre le Jurassique supérieur et le Paléocène. DEA Université de Grenoble, 73 p.
- CARLOTTO, V., CORDOVA, E., DELFAUD, J. & MAROCCO, R., 1987 - La Transgresión Marina Mesozoica de la Región del Cusco: Las areniscas litorales de la Formación Huancané (Neocomiano). Libro de Resúmenes del VI Congreso Peruano de Geología, 1p.
- CARLOTTO, V., CANDIA, F. & MAROCCO, R., 1988 - Estudio Geológico del Anticlinal de Vilcanota Cusco. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, 78: 137-147.
- CARLOTTO, V., JAILLARD, É. & MASCLE, G., 1992 - Relación entre Sedimentación, Paleogeografía y Tectónica en la Región de Cusco (Sur del Perú) entre el Jurásico Superior-Paleoceno. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, 83: 1-20.
- CARLOTTO, V., JAILLARD, É. & MASCLE, G., 1993 - Sedimentation, Paleogeography and Tectonic of the Cuzco Area between Kimmeridgian?-Paleocene Times: Relation with The South Peruvian Margin. *Second Symposium International Géodynamique Andiné* (Oxford 1993): 287-290; Paris: Orstom Editions.
- CORDOVA, E., 1986 - Un bassin intramontagneux andin péruvien. Les Couches Rouges du bassin de Cuzco (Maastrichtien-Paléocène). Thèse de 3° cycle, Université de Pau, 272 p.
- CORRALES, I., ROSELL, J., SANCHEZ, J., VERA, J. & VILAS, L., 1977 - *Estratigrafía*, 703p., Madrid: Editorial Rueda.
- DOUBINGER, J. & MAROCCO, R., 1976 - Découverte d'une microflore Wealdienne (Néocomien) dans la région de Cuzco (Sud du Pérou). Première datation des grès Huancané. *Science Géologiques Bulletin Strasbourg*, 29, 1: 79-89.
- ELLIOTT, T., 1986 - Deltas. in: *Reading H.G. Ed., Sedimentary Environments and Facies*: 113-154; Oxford: Blackwell Sci. Publ.
- JAILLARD, É., 1994 - Tectonic and geodynamic evolution of the Peruvian margin between Kimmeridgian and Paleogene times. in: *Cretaceous tectonics of the Andes. Earth Evolution Science*, (J.A. Salfity ed.): 101-167; Monograph Series, Wiesbaden: Vieweg Publications.
- MAROCCO, R., 1978 - Estudio Geológico de la Cordillera de Vilcabamba. *Boletín del Instituto de Geología y Minería*, D, 4: 157 p.
- MAROCCO, R. & DELFAUD, J., 1986 - L'évolution du secteur de Cuzco-Arequipa (Pérou) expliquée à la lumière du modèle de rift intracontinental. 11ème Réunion des Sciences de la Terre, p. 121; Clermont-Fd.
- MARTÍNEZ, M., 1980 - Sedimentación del Cretáceo y Ocurrencia de Petróleo en el Delta Peruano. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, 67: 85-96.
- MIALL, A.D., 1984 - *Principles of sedimentary analysis*. 490p. Berlin: Springer Verlag.
- MOULIN, N., 1989 - Faciès et séquences de dépôt de la plate-forme du Jurassique moyen à l'Albien, et une coupe structurale des Andes du Pérou central. Thèse de Doctorat, Université de Montpellier, 287p.
- MOULIN, N. & SEGURET, M., 1989 - Rôle des variations du niveau marin dans la sédimentation fluvio-deltaïque du Néocomien des Andes du Pérou central (Formation Goyllarisquiza). in: *Faciès et séquences de dépôt de la plate-forme du Jurassique moyen à l'Albien, et une coupe structurale des Andes du Pérou central* (Moulin, N): 219-245. Thèse de Doctorat, Université de Montpellier, 287p.
- NEWELL, N.D., 1949 - Geology of the Titicaca region, Peru and Bolivia. *Geological Society of America Memoir*, 36: 111p.
- PECHO, V., 1981 - Geología de los Cuadrángulos de Chalhuanca, Antabamba y Santo Tomas. *Boletín del Instituto de Geología Minería y Metalurgia*, A, 35: 67 p.
- POSAMONTIER, H.W., JERVEY, M.T. & VAIL, P.H., 1988 - Eustatic controls on clastic deposition I. Conceptual Framework. in: *Sea-Level Changes-An integrated Approach*, (Wilgus, C.K., Hastings, B.S., Kendall, C.G.St.C., Posamentier, H.W., Ross, C.A. & Wagoner, J.C., ed.). *The Society of Economic Paleontologists and Mineralogists*. Spec. Publ. 42: 109-124.
- RIVERA, R., PETERSEN, G., RIVERA, M., 1975 - Estratigrafía de la Costa de Lima. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, 45: 159-196.
- TARAZONA, A., 1985 - Palinología de la formación Cushabatay del pongo de Tiraco, Oriente peruano. *Primer Simposio Nacional del carbon*, 35: 20p.
- WIEDMANN, J., 1981 - El límite Jurásico-Cretácico: Problemas y Soluciones. 1er Congreso Latinoamericano de Paleontología, Buenos-Aires 1978, Coll.: *Límite Jurásico-Cretácico*, 5: 103-119.
- WILSON, J.J., 1963 - Cretaceous Stratigraphy of Central Andes of Peru. *American Association of Petroleum Geologist Bulletin*, 47: 1-34.
- WRIGHT, L.D., 1985 - River deltas. in: *Coastal sedimentary environments* (Davis R.A. ed.): 1-76; Springer-Verlag, Berlin, 2° ed.