

LA TECTÓNICA POLIFÁSICA EN ESCAMAS DE LA ZONA DE MAÑAZO - LAGUNILLAS (PUNO, SUR DEL PERÚ)

Étienne Jaillard *, Genaro Santander**

Resumen

El estudio estratigráfico y cartográfico de los afloramientos mesozoicos de las zonas de Mañazo y de la Laguna Lagunillas confirma que dichas zonas están constituidas por varias escamas tectónicas ubicadas en el límite entre una cuenca subsidente que incluye depósitos marinos del Jurásico inferior y medio, ubicada al Sur o Suroeste (Cuenca de Arequipa), y una zona positiva en donde la sedimentación es muy reducida y empieza en el Jurásico terminal o en el Cretácico inferior, ubicada al Norte (eje de Santa Lucía o de Cusco-Puno).

El análisis estructural muestra que se trata de zonas de pliegues y cabalgamientos con vergencia hacia el Norte o Noreste, con deformación polifásica y con acortamiento importante (40 % mínimo). La deformación parece haber empezado en el Paleoceno superior o Eoceno basal (fase Incaica 1, *ca.* 55-50 Ma) con deformaciones sinquistosas acompañando el despegue basal de la serie jurásica. Una fase mayor ocurrió probablemente en el Eoceno medio o superior (fase Incaica 2, *ca.* 40 Ma) y fue sellada por sedimentos oligocénicos gruesos (Grupo Puno) interpretados como los depósitos de ante-país de dicha deformación. Una fase tectónica del Oligoceno medio a superior (fase Aymara, *ca.* 30 Ma) está sellada por las coladas volcánicas del Oligoceno terminal (Grupo Tacaza). Finalmente, las fallas inversas se reactivan en el Mioceno inferior (fase Quechua 1 ?, *ca.* 19-16 Ma), al que siguen deformaciones menores.

Tanto la ubicación como la individualización de la zona de escamas de Mañazo-Lagunillas parece resultar, durante la compresión andina, de la reactivación tectónica de los accidentes antiguos que controlaron la paleogeografía mesozoica.

Palabras-claves: *Sur del Perú, mesozoico, paleogeografía, cenozoico, estructuras polifásicas, escamas tectónicas, reactivación tectónica.*

* ORSTOM, UR 1H, 213 rue La Fayette, Paris Cédex 10, Francia, y PETROPRODUCCIÓN-ORSTOM, casilla 10829, Guayaquil, Ecuador.

** Universidad Nacional San Agustín Arequipa, casilla 1203, Arequipa, Perú.

Résumé

LA TECTONIQUE POLIPHASIQUE EN ÉCAILLES DE LA ZONE DU MAÑAZO-LAGUNILLAS (PUNO, SUD DU PÉROU)

L'étude stratigraphique et cartographique des affleurements mésozoïques des zones de Mañazo et Lagunillas confirme que ces dernières sont constituées d'écaillles tectoniques, situées à la limite entre, au Sud ou au Sud-Ouest, un bassin subsident comprenant des dépôts marins d'âge Jurassique inférieur et moyen (bassin d'Arequipa), et, au Nord, une zone positive où la sédimentation, très réduite, commence au Jurassique terminal, voire au Crétacé inférieur (Seuil de Santa Lucía, ou de Puno-Cusco).

L'analyse structurale montre qu'il s'agit de zones affectées de plis et chevauchements à vergence Nord ou Nord-Est, avec une déformation polyphasée et un raccourcissement important (40 % au minimum). La déformation semble avoir commencé au Paléocène supérieur ou Eocène basal (phase Inca 1, *ca.* 55-50 Ma) avec une déformation synschisteuse associée au décollement basal de la série jurassique. Une phase majeure d'âge probablement Eocène moyen à supérieur (phase Inca 2, *ca.* 40 Ma) est scellée par des dépôts grossiers oligocènes (Groupe Puno) interprétés comme les dépôts d'avant-pays de cette déformation. Les coulées volcaniques oligocène terminal du groupe Tacaza cachètent une phase tectonique d'âge oligocène moyen à supérieur (phase Aymara, *ca.* 30 Ma). Enfin, les failles inverses rejouent au Miocène inférieur (phase Quechua 1?, *ca.* 19-16 Ma), et sont suivies par des déformations mineures.

La localisation et l'individualisation de la zone d'écaillles de Mañazo-Lagunillas semblent résulter de l'inversion tectonique, lors des compressions andines, des structures anciennes ayant contrôlé la paléogéographie mésozoïque.

Mots clés : *Sud du Pérou, mésozoïque, paléogéographie, cénozoïque, structures polyphasées, ecaillles tectoniques, inversions tectoniques.*

Abstract

THE SCALE MULTI-PHASED TECTONICS OF THE MAÑAZO-LAGUNILLAS AREA (PUNO, SOUTHERN PERU)

A stratigraphic study and cartographic study on the mesozoic outcrop of the Mañazo and Lagunillas Lagoon area is assembled by various tectonic scales located at the borders between an adjunct basin which includes marine sediment of the lower and median Jurassic levels at the South or South East area (Arequipa Valley), and a definite section where the sediment is very low and introduces the terminal Jurassic of the primary Cretaceous stage located up north (Santa Lucia or Puno-Cusco hinge).

Structural analysis uncover that such areas correspond to fold and thrust sections oriented to the North or North East, with multi-phasic distortions and a significant decrease (40% as minimum). Such distortion seems to have started during the extreme Paleocene or basal Eocene stages (Inca 1 era, *ca.* 55-50 Ma) with synechia distortions assembling a basic take-off of the Jurassic sequence. A major facet arisen probably during the the mid or extreme Eocene age (Inca 2 era; *ca.* 40 Ma), and was sealed by gross Oligocene sediment (Puno group), decoded as fore-country deposits of such distortion. A tectonic stage of the mid to extreme Oligocene age (Aymara era, *ca.* 30 Ma) was been sealed by the volcanic taps (Tacaza group). Finally, the inverted fissures were reactivated during the primary Miocene age (Quechua 1 stage ?, 19-16 Ma) followed by minor deformations.

Both, the location and singularity of the Mañazo-Lagunillas scale area seems to be the result - during the Andean compression - of the tectonic reactivation within the ancient unevenness which dominated the Mesozoic paleo-geography.

Key words: *Southern Perú, Mesozoic, paleo-geography, Cenozoic, multi-phased structures, tectonic scales, tectonic reactivation*

INTRODUCCIÓN

Las regiones de Mañazo y de la Laguna Lagunillas están ubicadas en el Sur del Perú, al Este del lago Titicaca, cerca del límite entre la Cordillera Occidental y el Altiplano (Fig. 1).

Cabrera & Petersen (1936) y Newell (1949) definieron el Grupo Lagunillas y reconocieron su edad jurásica. El Grupo Lagunillas ha sido luego dividido en varias unidades litoestratigráficas distintas por Portugal (1974) y Vicente (1981). Este último autor propuso comparaciones con el Grupo Yura de la Cuenca de Arequipa (Benavides, 1962; León, 1981) y, subrayando la ausencia de depósitos jurásicos poco al Norte de Mañazo, planteó que se debería a una importante erosión pre-cretácica

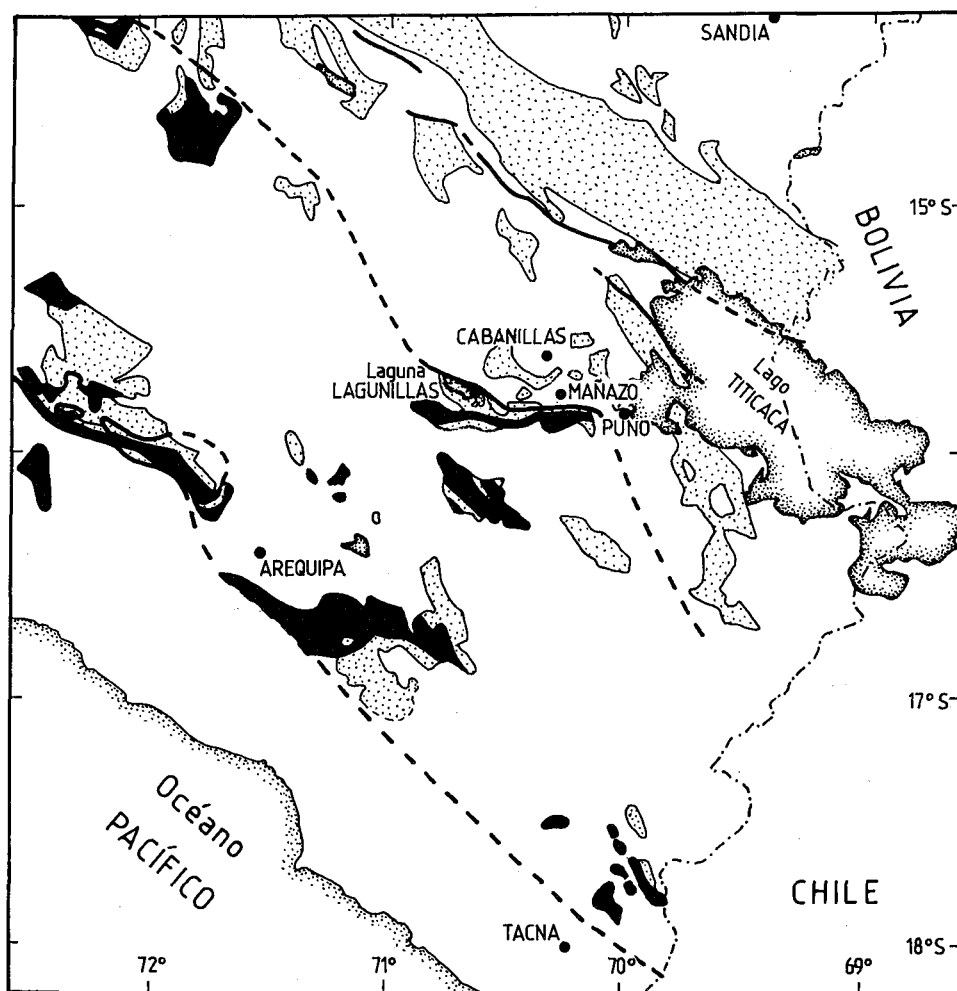


Fig. 1 - Ubicación de la zona estudiada.

Negro: Afloramientos de sedimentos jurásicos; Gris: Afloramientos de sedimentos cretácicos; Líneas espesas: accidentes tectónicos mayores.

en el Altiplano. Las principales unidades estratigráficas cretácicas y cenozoicas utilizadas hasta ahora han sido definidas por Newell (1949) en el Altiplano, y Benavides (1962) y Vicente *et al.* (1982) en la Cuenca de Arequipa.

Mientras que Audebaud *et al.* (1976) y Laubacher (1978) supusieron que la falla de Mañazo era casi vertical, Newell (1949), Portugal (1974), Klinck *et al.* (1986) reconocieron su naturaleza de falla inversa con buzamiento al Sur, y Ellison *et al.* (1989) consideraron que dicha falla se extendía hasta la zona de la Laguna Lagunillas. Portugal (1974) y Ellison *et al.* (1989) atribuyeron esta falla a un juego durante el cretácico superior, aunque la mayoría consideró que su actividad principal se desarrolló en el Terciario superior (Audebaud *et al.*, 1976; Ellison *et al.*, 1989).

Este trabajo expone observaciones litoestratigráficas nuevas sobre las series mesozoicas de las zonas de Mañazo y Lagunillas, y presenta mapas geológicos detallados de esas formaciones, completados por los datos de Klinck *et al.* (1986) y Clark *et al.* (1990) sobre el Cenozoico. Luego, en base a un estudio cartográfico y estructural clásico, trata de deducir la geometría y la edad de las deformaciones en dichos sectores.

ESTRATIGRAFÍA

A. La serie jurásica del área de Mañazo-Lagunillas

En espera de una redefinición estratigráfica precisa del Grupo Lagunillas, proponemos restringir este nombre a los depósitos ubicados debajo de las areniscas cuarcíticas del Cretácico inferior. En esta serie, hemos reconocido cuatro unidades litoestratigráficas distintas (Fig. 2).

La unidad calcárea inferior (500 m)

Esta unidad está despegada, y su base es desconocida. Se trata de una serie de calizas y margas oscuras o negras, a veces silíceas, y fosilíferas. Cerca de la base, son bituminosas, piritosas y laminadas. Se encuentran turbiditas calcáreas cerca de la base y, localmente, niveles con bloques calcáreos redondos. Su edad va del Sinemuriano hasta el Bajociano (Portugal, 1974; Vicente, 1981; von Hillebrandt, 1987) (Fig. 2). Esta unidad es cronológicamente correlacionable con las Formaciones Chocolate superior y Socosani de la zona de Arequipa (Benavides, 1962; Vargas, 1970; León, 1981; Vicente *et al.*, 1982), y con el Grupo Pucará del centro y norte del Perú (Mégard, 1978; Westermann *et al.*, 1980; Loughmann y Hallam, 1982; Prinz, 1985). Como en el centro del Perú, las arcillas bituminosas sinemurianas jugaron probablemente el papel de nivel de despegue (Mégard, 1978).

La unidad lutácea (500 m)

Consiste en lutitas arenosas negras o marrones, lutitas negras fosilíferas no calcáreas conteniendo numerosos nódulos, y lutitas negras con bancos de cuarcita. Además, está caracterizada por la presencia de deslizamientos (*slumps*) y bloques resedimentados (Portugal, 1974). La edad calloviana de parte de esta unidad es

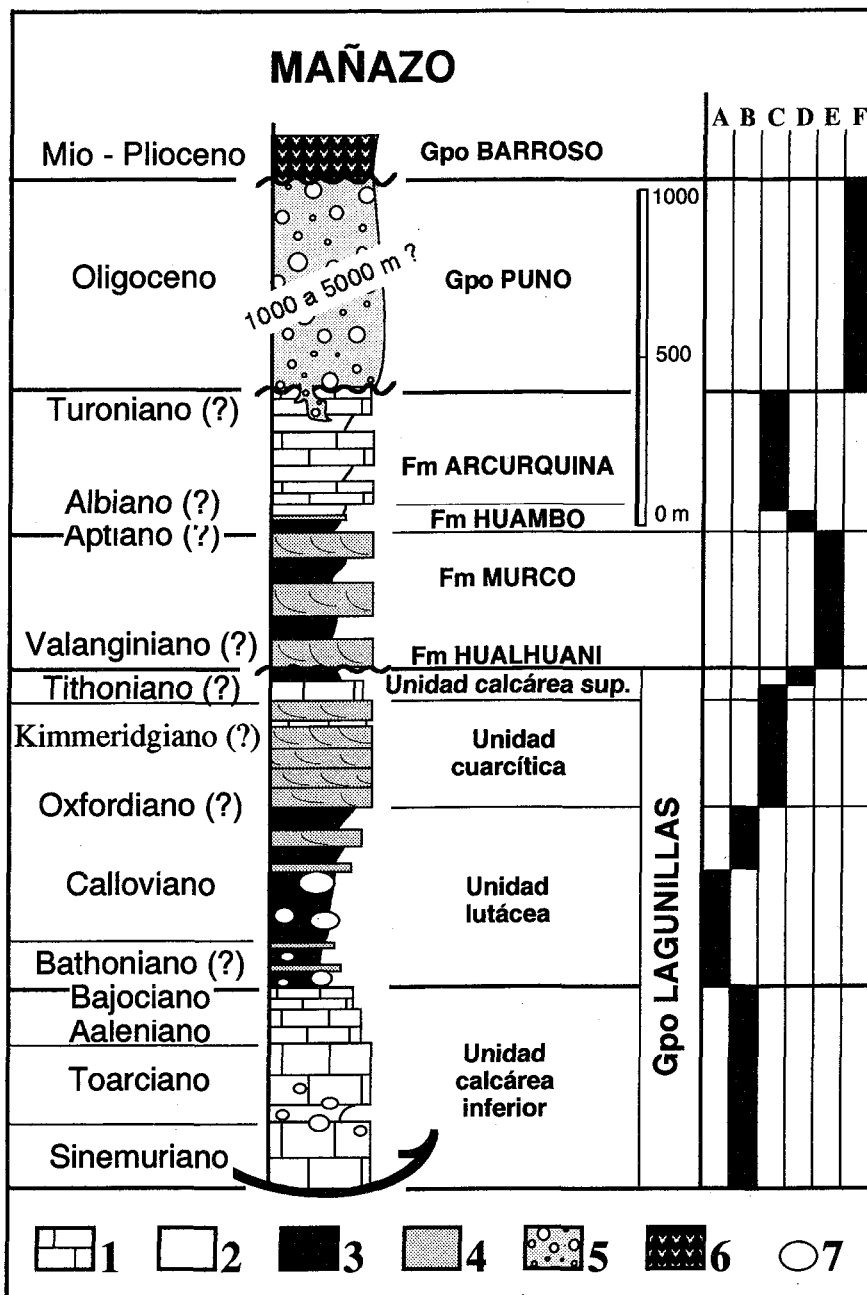


Fig. 2 - Columna sintética de la serie de Mañazo-Laguna Lagunillas. Litología: 1: Calizas; 2: Margas; 3: Lutitas; 4: Areniscas; 5: Conglomerados; 6: Rocas volcánicas; 7: Olistolitos. Ambientes de depósito: A: Pelágico; B: Hemi-pelágico; C: Plataforma; D: Costero o intertidal; E: Fluvio-deltaico; F: Cono aluvial continental.

conocida desde los trabajos de Newell (1949), Portugal (1974) y Aldana (1989). Las facies y la fauna indican un medio de depósito pelágico. Se correlaciona con las formaciones Puente y Cachíos de la Cuenca de Arequipa (Benavides, 1962; Vicente, 1981; 1989).

La unidad cuarcítica (300 m)

Consiste en cuarcitas con laminaciones oblicuas, intercaladas con delgadas capas de arcilla negra (Fig. 2). Hacia la parte superior, aparecen bancos de calizas amarillentas con ostras. La unidad contiene restos de plantas, pero no se encontró amonites. El medio de sedimentación fue marino somero. Por su posición estratigráfica, es atribuida al Oxfordiano-Kimmeridgiano, y se correlaciona con la Formación Labra de la Cuenca de Arequipa (Benavides, 1962; Vicente, 1989; Fig. 3).

La unidad calcárea superior (100 m)

Hasta ahora esta unidad no había sido reconocida, o había sido confundida con las calizas cretácicas (Formaciones Arcurquina o Ayavacas). Consiste en menos de cien metros de calizas claras, conteniendo corales, trigonias y braquiópodos silicificados (Fig. 2). Están localmente sobreyacidas por unas decenas de metros de lutitas verdes o rojizas, frecuentemente erosionadas debajo de las cuarcitas sobreyacentes. Esta unidad es correlacionada con la Formación Gramadal de la Cuenca de Arequipa de edad tithoniana inferior (Chávez, 1982; Batty & Jaillard, 1989; Fig. 3).

B. La serie cretácica del área de Mañazo-Lagunillas

En la serie Cretácica, se han reconocido las formaciones clásicas de la Cuenca de Arequipa (Benavides, 1962; Vicente, 1981). Sin embargo, dichas formaciones presentan facies intermedias con las de unidades equivalentes del Altiplano definidas por Newell (1949), utilizando muchos autores su terminología (Portugal, 1974; Vicente, 1981). En las zonas de Mañazo y Lagunillas que pertenecían a la Cuenca de Arequipa en el Jurásico, proponemos utilizar la terminología de dicha cuenca para los depósitos del Cretácico.

Las Formaciones Hualhuani y Murco

Estas formaciones han sido definidas originalmente por Benavides (1962) en la zona de Arequipa, y reconocidas en Mañazo por Portugal (1974) bajo el nombre de Formación Huancané. Consisten en 400 metros de cuarcitas claras en bancos potentes y masivos, intercaladas con lutitas rojas, depositadas en ambiente fluvial. No se han encontrado fósiles, pero se consideran de edad valanginiana-aptiana (Batty & Jaillard, 1989; Jaillard & Sempéré, 1989).

Las Formaciones Huambo (50 m ?) y Arcurquina (300 m)

En la zona de Mañazo se observan localmente lutitas con yeso sobreyaciendo las areniscas de la Formación Murco. Parecen correlacionarse con las lutitas rojas,

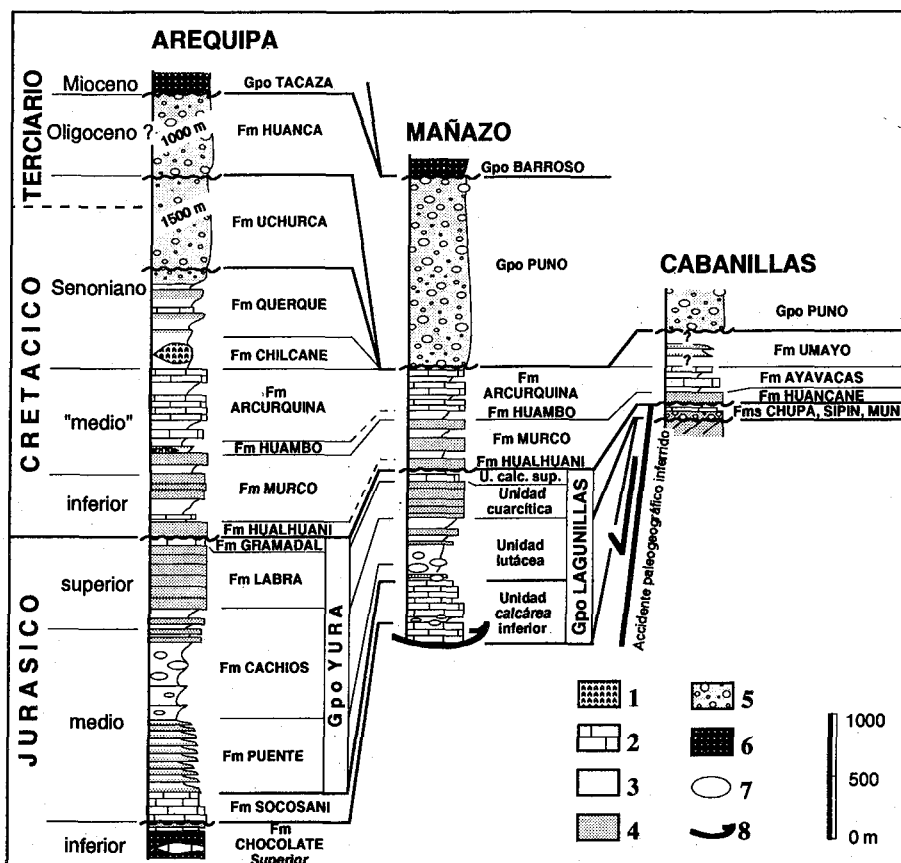


Fig. 3 - Correlaciones de la serie Mañazo con las áreas de Arequipa (Cuenca de Arequipa) y de Cabanillas (eje de Santa Lucía o Cusco-Puno).

1: Evaporitas; 2: Calizas; 3: Margas y lutitas; 4: Areniscas; 5: Conglomerado; 6: Rocas volcánicas; 7: Olistolitos; 8: Nivel de despegue.

intercaladas con areniscas, calizas y evaporitas, definidas como Formación Huambo por Batty & Jaillard (1989) en la zona de Arequipa, y cuya edad correspondería al Aptiano superior-Albiano basal. En la zona de Mañazo, esta unidad constituye un importante nivel de despegue.

Por correlación con la formación definida por Benavides (1962) en la zona de Arequipa, daremos el nombre de Formación Arcurquina a una secuencia de calizas claras en bancos masivos, intercaladas con delgados niveles lutaceos rojizos (Fig. 2). Se le asigna una edad Albiano-Turoniano superior. Aflora en una faja Este-Oeste al Norte de la zona estudiada, donde está muy deformada.

C. Comparaciones con la serie Mesozoica de Cabanillas

La serie de Cabanillas, ubicada 15 km al Norte de Mañazo (Fig. 1), ha sido descrita por Newell (1949), Laubacher (1978), Klinck *et al.* (1986) y Batty & Jaillard (1989) (véase Fig. 3).

La Formación Chupa (0-50 m)

Esta formación ha sido definida más al Noreste por Klinck *et al.* (1986) cerca del pueblo del mismo nombre. En Cabanillas consiste en conglomerados fluviales con guijarros de cuarcitas paleozoicas, descansando en fuerte discordancia angular sobre el Paleozoico (Laubacher, 1978; Batty & Jaillard, 1989). No está datada, pero parece ser equivalente a la Formación Kondo de Bolivia atribuida al Kimmeridgiano (Sempéré *et al.*, 1988). Ha sido tentativamente correlacionada (Jaillard & Sempéré, 1989) con la Formación Labra de la Cuenca de Arequipa, y con la unidad cuarcítica del Grupo Lagunilla de Mañazo (Fig. 3).

La Formación Sipín (10-30 m)

Definida por Newell (1949), está representada en Cabanillas por dolomitas rosadas, intercaladas con lutitas rojas incluyendo lentes de microconglomerados. La presencia de pseudomorfosis de yeso y escasos braquiópodos silicificados en las dolomitas, y su asociación con depósitos fluviales, evidencian un medio de depósito mixto, marino muy somero y continental. La correlacionamos con la unidad calcárea superior de la zona de Mañazo, y con la Formación Gramadal de la región de Arequipa (Laubacher, 1978; Batty & Jaillard, 1989; Fig. 3).

La Formación Muni (50 m)

En Cabanillas comprende unas decenas de metros de lutitas rojas arenosas continentales, incluyendo canales de conglomerados fluviales. Más al Noreste, la formación es de ambiente intertidal, y ha proporcionado moluscos marinos del Jurásico terminal o Cretácico basal (Newell, 1949). Proponemos correlacionarla con las lutitas que sobreyacen localmente a la unidad calcárea superior de la zona de Mañazo (Fig. 3).

La Formación Huancané (100 m)

Consiste en una conspicua secuencia de areniscas cuarcíticas conglomerádicas fluviales, que descansa en leve discordancia angular sobre la Formación Muni (Batty & Jaillard, 1989). En ciertos lugares (Maravillas, Juliaca), los depósitos jurásicos están totalmente ausentes, y la Formación Huancané descansa directamente sobre las rocas paleozóicas. Se correlaciona con las Formaciones Hualhuani y Murco de las zonas de Mañazo y Arequipa (Fig. 3).

La Formación Ayavacas (200 m)

Comprende tres secuencias calcáreas distintas separadas por importantes niveles arcillosos rojos. En Cabanillas, la primera secuencia calcárea está repetida por deslizamientos sinsedimentarios de edad cenomaniana (Audebaud, 1973; Portugal, 1974; Jaillard, en prensa). Debido a la erosión, la tercera secuencia calcárea, de probable edad turoniana, falta en Cabanillas, pero se halla presente al Sur del lago Titicaca cerca de Ilave. Esta formación es directamente correlacionable con las Formaciones Huambo y Arcurquina de las zonas de Mañazo y Arequipa (Fig. 3).

Conclusiones

Como lo mencionó Vicente (1981), los depósitos del Grupo Lagunillas son muy comparables a los de la zona de Arequipa estudiados por Benavides (1962), León (1981) y Vicente *et al.* (1982) y pertenecen a la misma cuenca (Cuenca de Arequipa). Con respecto a la región de Arequipa, las diferencias observadas en Mañazo, tal como los espesores generalmente menores (Fig. 3), o la presencia de bloques o de turbiditas (Vicente, 1981), pueden ser atribuidas a su ubicación paleogeográfica en el borde Noreste de la Cuenca de Arequipa. Por lo tanto, parece justificado utilizar la nomenclatura estratigráfica de la Cuenca de Arequipa para los sedimentos cretácicos de la zona de Mañazo.

Esto es confirmado por la ausencia, 15 km al Norte o al Noroeste de Mañazo, de los depósitos ante-kimmeridgianos (Cabanillas), y localmente de los sedimentos ante-valanginianos (Maravillas). El límite paleogeográfico entre la Cuenca de Arequipa con sedimentación jurásica marina, y el eje positivo de Santa Lucía (Audebaud *et al.*, 1976; Laubacher, 1978; eje Cusco-Puno de Jaillard & Sempéré, 1989), pasaba entonces entre la zona de Mañazo y el área de Cabanillas (Fig. 3). Sin embargo, la ausencia de detritismo silíceo y de facies litorales en los depósitos del Jurásico inferior y medio de Mañazo indica que la zona de Cabanillas no estaba emergida hasta el Calloviano. Por lo tanto, la individualización tectónica de dicho umbral sería coetánea de los depósitos clásticos atribuidos al Oxfordiano(?)-Kimmeridgiano (Formaciones Labra y Chupa; Jaillard & Sempéré, 1989) y habría provocado la erosión de los depósitos anteriores (Vicente, 1981).

D. Los depósitos Terciarios

Durante el Terciario, los depósitos no difieren significativamente entre las zonas de Mañazo-Lagunillas y de Cabanillas, por lo tanto serán descritos en conjunto.

El Grupo Puno (5000 m ?)

En la zona de Mañazo la Formación Arcurquina está sobreyacida en discordancia marcada por conglomerados gruesos que rellenan localmente cavidades kársticas; esos conglomerados discordantes fueron atribuidos al Cretácico superior por Portugal (1974). Klinck *et al.* (1986) y Ellison *et al.* (1989) los mapearon como Grupo Puno, atribuyéndole los depósitos fosilíferos cretácicos de Laguna Umayo (Grambast *et al.*, 1967) al mismo Grupo, deduciendo así un diacronismo

de la base del Grupo Puno. Sin embargo, los conglomerados discordantes de la zona de Mañazo (Grupo Puno) son mucho más gruesos que los depósitos cretácicos de Laguna Umayo, por lo que consideramos que se trata de dos formaciones distintas. Por lo tanto, rechazamos la edad cretácica localmente supuesta por Klinck *et al.* (1986) para el Grupo Puno.

El Grupo Puno consiste en conglomerados, areniscas subarkósicas y lutitas rojas. Los conglomerados contienen elementos de calizas, areniscas o cuarcitas, cuerpos intrusivos y andesitas (Fig. 2 y 3). Según Laubacher (1978) y Klinck *et al.* (1986), el Grupo Puno se depositó en cuencas de dirección Noroeste-Sureste y su potencia puede alcanzar varios miles de metros (7000 m según Newell, 1949; 5500 m según Klinck *et al.*, 1986). En esas cuencas, la granulometría y el espesor decrecen hacia el Norte o el Noreste (Klinck *et al.*, 1986), indicando que la fuente del material detrítico estaba ubicada al Sur o Suroeste. La parte inferior del Grupo Puno ha sido datada del Oligoceno por carofitas del género *Chara* sp. (Chanove *et al.*, 1969), y es intruído o cubierto por rocas magmáticas del Oligoceno superior-Mioceno (Ellison *et al.*, 1989; Clark *et al.*, 1990). Por lo tanto, debe ser considerado como de edad oligocena inferior (ca. 35-30 Ma). En varios lugares (Noroeste de Noasía, Lagunillas), se tiene numerosos olistolitos de calizas provenientes de las formaciones Arcurquina o Ayavacas.

El vulcanismo Oligoceno superior-Mioceno superior (Grupos Tacaza, Sillapaca y Maure)

En el Altiplano, el Grupo Puno está cubierto en discordancia por los derrames basálticos y andesíticos del Grupo Tacaza, que alcanza localmente una potencia de 2000 metros (Newell, 1949; Klinck *et al.*, 1986). El Grupo Tacaza está datado radiométricamente de 30-22 Ma (Oligoceno superior-Mioceno basal; Klinck *et al.*, 1986) y aflora extensamente al Norte de la Laguna Lagunillas.

Klinck *et al.* (1986) y Ellison *et al.* (1989) pusieron en evidencia una leve discordancia angular, separando el Grupo Tacaza, y los Grupos Palca y Sillapaca del Mioceno inferior (22-16 Ma, véase también Bellon & Lefèvre, 1976; Clark *et al.*, 1990). Las tobas y dacitas de los Grupos Palca y Sillapaca se encuentran al Noreste de la Laguna Lagunillas (Klinck *et al.*, 1986; Clark *et al.*, 1990). Al Sur de las zonas de Mañazo y Lagunillas, Klinck *et al.* (1986) mapearon depósitos volcanoclásticos del Mioceno superior como Grupo Maure (11-8 Ma; Ellison *et al.*, 1989).

El vulcanismo Mioceno superior-Plioceno inferior (Grupo Barroso)

Al Suroeste de la zona de Mañazo, una colada casi horizontal (Cerro Pachacota, 4753 m; Fig. 4) ha sido atribuida por Klinck *et al.* (1986) a la parte inferior del Grupo Barroso del Mioceno superior (Fig. 3). Según estos autores, descansa en discordancia sobre el Grupo Maure del Mioceno superior (Ellison *et al.*, 1989). Al Este de Mañazo, delgadas coladas volcánicas horizontales descansan en discordancia angular sobre el Grupo Puno (Cerro Meserapata, 4111 m; Fig. 4),

y son atribuidas por Klinck *et al.* (1986) a la parte superior del Grupo Barroso, datada de 6-4 Ma (Mioceno terminal-Plioceno inferior, Formación Umayo; Fig. 2 y 3).

Los intrusivos del Oligoceno-Mioceno

Al Norte de la zona de fallas, se extiende una faja discontinua de cuerpos intrusivos, frecuentemente mineralizados (Fig. 4). Al sur de Mañazo, la dacita del Cerro Caracollo ha sido datada de 16 Ma (límite Mioceno inferior-Mioceno medio; Klinck *et al.*, 1986). Finalmente, al este del Cerro Caracollo (norte del Cerro Condoriquiña) un dique paralelo a los sobre-escurrimientos ha sido datado de 19 Ma (parte superior del Mioceno inferior; Clark *et al.*, 1990).

Al Norte de la Laguna Lagunillas (zona de Santa Lucía), Clark *et al.* (1990) mencionan plutones datados de 32 a 24 Ma (Oligoceno superior y Mioceno basal) que consideran como sin-genéticos del Grupo Tacaza. Finalmente, diques monzograníticos se emplazaron gracias al juego tardío de las fallas de Lagunillas en el Mioceno superior (7 Ma; Clark *et al.*, 1990).

ESTRUCTURA

A. La zona de Mañazo

En la región de Mañazo, hemos identificado cinco unidades estructurales distintas que describiremos desde el Norte hacia el Sur. Éstas se hallan separadas por fallas inversas de rumbo más o menos Este-Oeste, y con buzamiento al Sur (Fig. 4).

La unidad A

Constituye la zona autóctona relativa del sistema de escamas. Está conformada por el Grupo Puno buzando al Norte, sobreyacido en discordancia por coladas volcánicas horizontales del Grupo Barroso superior (6 Ma; Klinck *et al.*, 1986), e intruido por plutones mineralizados. Los valles están rellenos por depósitos fluviales actuales (Fig. 4 y 5).

La deformación que afectó esta unidad ocurrió entre el Oligoceno inferior (edad máxima del Grupo Puno), y el Mioceno terminal (edad mínima del Grupo Barroso).

La unidad B

Encontramos luego una unidad constituida de varias escamas intruidas por plutones, entre los cuales uno está datado de 16 Ma (Klinck *et al.*, 1986; Fig. 4 y 5). Cada escama comprende calizas de la Formación Arcurquina (Cretácico medio) sobreyacidas en discordancia angular por el Grupo Puno. Esta unidad tectónica está muy deformada. Los pliegues, de eje aproximadamente Este-Oeste y echados al Norte, son paralelos, y parecen entonces cogenéticos de las fallas inversas que limitan la unidad. Las calizas Arcurquina se encuentran despegadas de las cuarcitas del Cretácico inferior, probablemente a favor de un nivel lutáceo (Fm Huambo).

La deformación de esta unidad ocurrió posteriormente al depósito del Grupo Puno, y antes de las intrusiones, es decir durante el Oligoceno superior o el Mioceno inferior (entre 30 y 16 Ma).

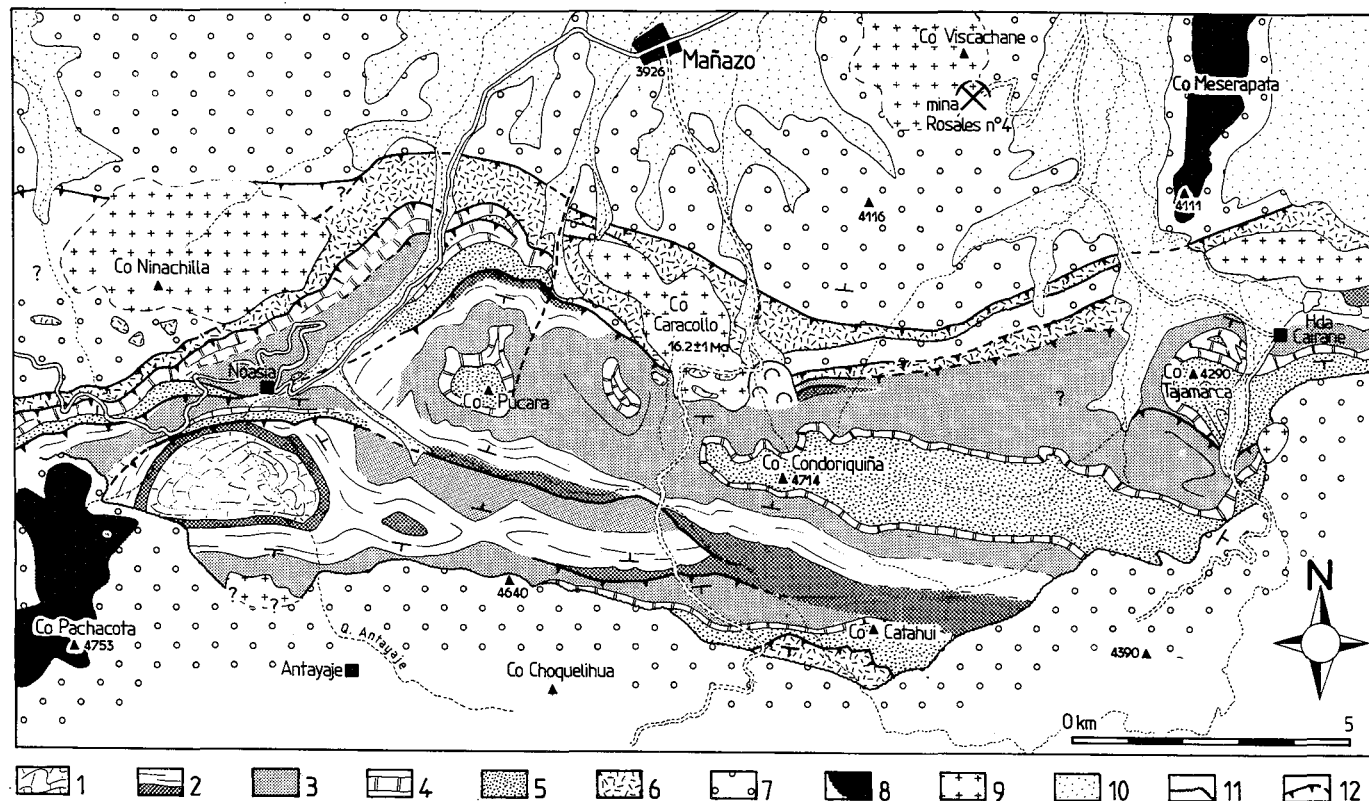


Fig. 4 - Mapa geológico de la zona de Mañazo. 1: Unidad calcárea inferior del Grupo Lagunillas (Sinemuriano superior - Bajociano); 2: Unidad lutácea del Grupo Lagunillas (Bathoniano: abajo y Calloviano - Oxfordiano: arriba); 3: Unidad cuarcítica del Grupo Lagunillas (Oxfordiano superior? y Kimmeridgiano); 4: Unidad calcárea superior del Grupo Lagunillas (Tithoniano); 5: Formaciones Hualhuani y Murco (Valanginiano - Aptiano); 6: Formaciones Huambo y Arcurquina (Aptiano superior? - Turoniano); 7: Grupo Puno (Oligoceno inferior a medio) (Grupo Maure, Mioceno medio a superior al oeste, según Klinck *et al.*, 1986); 8: Grupo Barroso (Mioceno superior - Plioceno inferior); 9: Cuerpos intrusivos; 10: Depósitos cuaternarios; 11: Discordancias; 12: Sobre-escurrimientos.

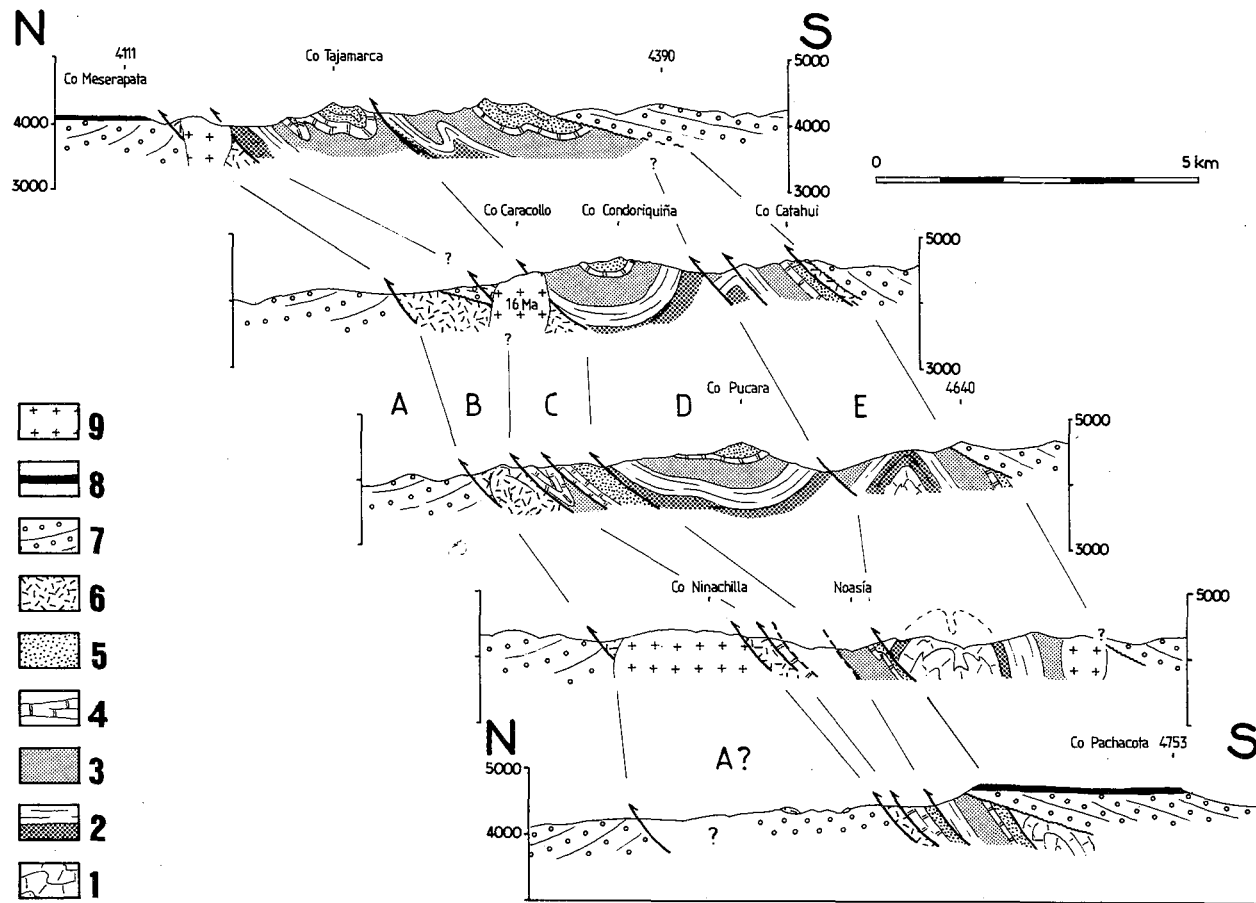


Fig. 5 - Cortes geológicos en la zona de Mañazo. Mismas leyendas que en la figura 4. Las letras A a E se refieren a las unidades tectónicas descritas en el texto. De arriba hasta abajo, los perfiles se enlazan del Este al Oeste (ver en la Fig. 4).

La unidad C

Esta unidad, desarrollada al Oeste del sector de estudio (Noasía; Fig. 4), está compuesta por la parte superior del Grupo Lagunillas y por las Formaciones Hualhuani y Murco (Jurásico superior a Cretácico inferior; Fig. 4 y 5). Incluye muy probablemente varias subunidades separadas por fallas menores, que no hemos podido mapear en detalle. La deformación es importante, ya que las cuarcitas del Cretácico inferior forman pliegues echados, apretados y localmente rotos. Los ejes estructurales muestran principalmente una dirección Noreste-Suroeste (Fig. 4). Esta unidad parece despegada de su substrato estratigráfico en la unidad lutácea del Grupo Lagunillas.

La unidad D

Más al Sur, tenemos una unidad mayor, constituida por las partes media y superior del Grupo Lagunillas (Jurásico medio y superior), y por las cuarcitas del Cretácico inferior que forman una agreste línea de cresta (Cerros Pucará, Condoriquiña y Tajamarca; Fig. 4). La unidad lutácea del Grupo Lagunillas es complicada en el cabalgamiento frontal; esta unidad estructural está despegada en la base lutácea. La deformación consiste principalmente en pliegues abiertos de radio amplio, poco echados y con plano axial de rumbo Este-Oeste. Sin embargo, en el Cerro Tajamarca, una estructura más compleja (Fig. 4) sugiere la existencia de una fase plicativa anterior.

Al oeste del Cerro Caracollo, la unidad D sobreescurre al Grupo Puno de la unidad B por intermedio de una falla cuyo juego es entonces posterior al Oligoceno inferior (Fig. 4 y 5). Un dique dacítico datado del Mioceno inferior (19 Ma; Clark *et al.*, 1990), indica probablemente la edad del juego de dicha falla, ya que es paralelo a ésta. Sin embargo, los pliegues, tanto aquellos con plano axial Este-Oeste como los de plano axial Noroeste-Sureste, así como ciertas fallas inversas, están sellados por el Grupo Puno al Este del sector estudiado (Fig. 4). Luego, esta unidad ha sido afectada por deformaciones anteriores al Grupo Puno, y ha sido cabalgada, después del depósito del Grupo Puno, sobre la unidad B.

La unidad E

Una última unidad tectónica, incluye sedimentos cuya edad abarca desde el Liásico hasta el Cretácico medio. El plano de despegue de esta unidad es el más profundo que se puede observar en la zona de Mañazo. La deformación está principalmente representada por pliegues abiertos de plano axial Este-Oeste y por fallas inversas en la misma dirección, buzando al Sur. Las calizas Arcurquina están despegadas sobre las cuarcitas de la Formación Murco (Cerro Catahui; Fig. 4 y 5), pero el desplazamiento parece menor.

Sin embargo, la estructura antiformal de la parte baja de la quebrada Antayaje, plegada según un eje Este-Oeste, está también cerrada al Este y al Oeste, sugiriendo la existencia de pliegues oblicuos. En el núcleo de dicha estructura antiformal, se observan pliegues apretados plurimétricos con una esquistosidad de plano axial,

deformados por fases posteriores, y afectando los sedimentos más antiguos expuestos (Sinemuriano superior). Esos pliegues se observan sólo en este nivel basal, y están muy probablemente asociados al nivel de despegue. El análisis de cortes estructurales detallados y de las figuras de interferencias de pliegues (*mushroom structures*, Ramsay, 1967) sugiere que los pliegues Este-Oeste de segunda generación deforman pliegues apretados precoces de eje aproximadamente Noroeste-Sureste, echados hacia el Noreste (Fig. 6). Los pliegues precoces del Cerro Tajamarca están probablemente ligados a esta fase (Fig. 6).

Al Noroeste, la unidad está limitada por una falla inversa parada que corta todos los pliegues que la afectan (Fig. 4). Por lo tanto, la individualización de esta falla es posterior al plegamiento Este-Oeste. Al Sur y al Suroeste, la unidad E está sobreyacida en discordancia angular por el Grupo Puno, que sella a la vez el despegue de la Formación Arcuquina, las fallas que limitan la unidad al Norte, y los pliegues que la afectan. En consecuencia, las dos deformaciones internas de la unidad E ocurrieron antes del Oligoceno.

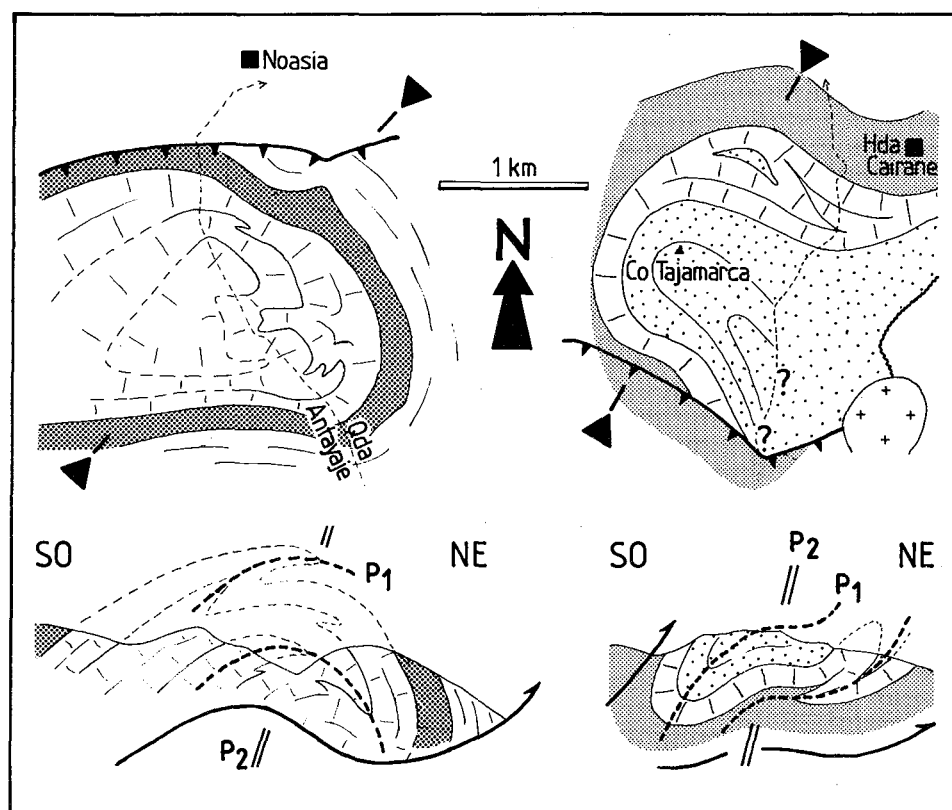


Fig. 6 - Mapas (arriba) y cortes (abajo) simplificados e interpretativos de la estructura polifásica de la quebrada Antayaje, y del Cerro Tajamarca (para su ubicación, ver en la Fig. 4). Misma leyenda que en la figura 4. P1 y P2: Planos axiales de los pliegues de fase 1 y 2 respectivamente.

B. La zona de la Laguna Lagunillas

En la serie jurásica de la Laguna Lagunillas se reconocen unidades estratigráficas similares a las de Mañazo. Sin embargo, los afloramientos y las condiciones de observación son menos favorables que en Mañazo para el análisis estructural. Las escamas mesozoicas afloran en dos fajas distintas (Klinck *et al.*, 1986). Un reconocimiento y mapeo somero en los afloramientos septentrionales cerca de la Laguna misma, han permitido hacer las observaciones siguientes (Fig. 7):

Cinco unidades tectónicas distintas están presentes. El autóctono relativo del sistema de escamas está constituido por el Grupo Puno deformado, sobreyacido por coladas e intruido por plutones del Oligo-mioceno (Grupos Tacaza y Sillapaca; Klinck *et al.*, 1986; Ellison *et al.*, 1989; Clark *et al.*, 1990). Las unidades tectónicas son generalmente más jóvenes hacia el Norte, traduciendo una estructura general comparable a la zona de Mañazo. Las relaciones con los depósitos terciarios permiten reconocer varias fases tectónicas.

Pliegues que afectan la serie mesozoica se encuentran sellados por el Grupo Puno (Sur de la Laguna Lagunillas; Fig. 7). Al menos parte de esta deformación se debe a la fase Incaica 2 del Eoceno medio a superior reconocida en Mañazo.

Unidades mesozoicas cabalgan a los conglomerados del Grupo Puno (Oligoceno inferior a medio), y los contactos son sellados por las coladas del Oligoceno superior (30-26 Ma, Grupo Tacaza; Klinck *et al.*, 1986). Dichos sobreescurrecimientos están cortados por cuerpos intrusivos no datados (Fig. 7). Representan una fase tectónica del Oligoceno medio a superior (ca. 30 Ma).

Según Clark *et al.* (1990), el emplazamiento de diques en el Mioceno superior (7 Ma) ocurrió a favor de un juego tardío de las fallas de Lagunillas.

C. Cronología de las fases tectónicas

Las zonas de Mañazo y de Lagunillas presentan una sucesión de unidades estructurales superpuestas y sobreescurrecidas hacia el Norte. Excepto para la escama del Cerro Catahui, el contenido de dichas unidades es cada vez más joven hacia el Norte, ya que el nivel de despegue es cada vez más alto en la serie estratigráfica, y su deformación es cada vez más reciente hacia el Norte. Tal disposición estructural es típica de una zona de plegamiento y cabalgamiento (*Fold and Thrust Belt*), en donde el frente de deformación progresa en el mismo sentido que el juego de las fallas inversas (*In-sequence* o *Piggy-back*; Boyer y Elliott, 1982; Butler, 1982; Morley, 1988).

Las observaciones realizadas en las zonas de Mañazo y de la Laguna Lagunillas permiten reconocer la siguiente sucesión de fases tectónicas.

Anterior a todas las otras deformaciones, una fase precoz, reconocida en la zona de Mañazo, fue responsable del despegue basal de la cobertura mesozoica. Estuvo asociada a pliegues con esquistosidad de plano axial, echados hacia el Noreste, mayormente expresados cerca del nivel de despegue. La edad de esta fase se desconoce; puede corresponder a la fase Incaica 1 de edad Paleocena superior

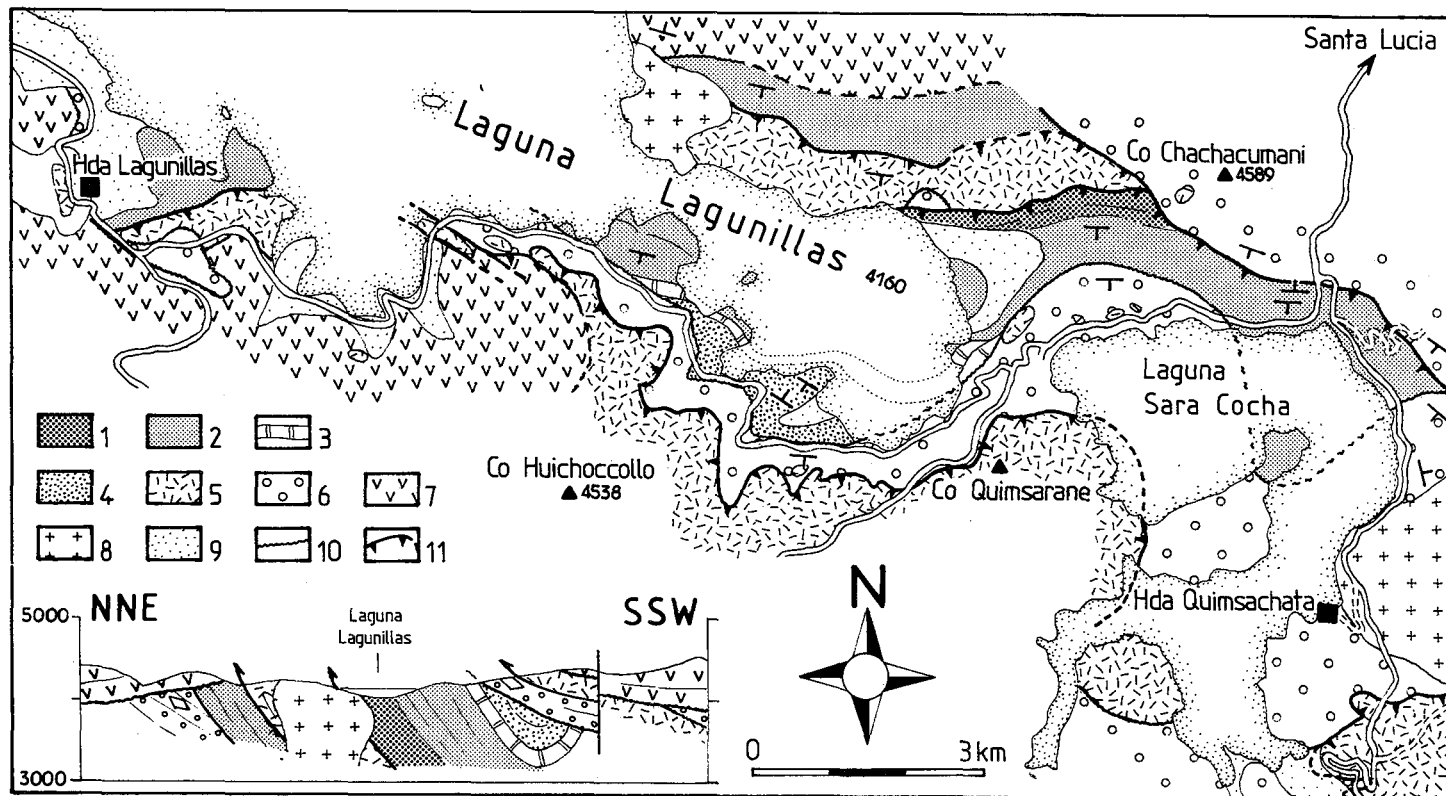


Fig. 7 - Mapa geológico de la zona de la Laguna Lagunillas, y corte simplificado. El corte pasa aproximadamente por el Cerro Huichoccollo. 1: Unidad lutácea del Grupo Lagunillas (Calloviano - Oxfordiano); 2: Unidad cuarcítica del Grupo Lagunillas (Oxfordiano superior ? y Kimmeridgiano); 3: Unidad calcárea superior del Grupo Lagunillas (Tithoniano); 4: Formaciones Hualhuani y Murco (Valanginiano - Aptiano); 5: Formaciones Huambo y Arcurquina (Aptiano superior ? - Turoniano); 6: Grupo Puno (Oligoceno inferior a medio) localmente con olistolitos; 7: Grupo Tacaza (Oligoceno superior - Mioceno inferior); 8: Cuerpos intrusivos; 9: Depósitos cuaternarios; 10: Discordancias; 11: Sobre - escurrimientos.

a Eocena basal (ca. 55-50 Ma; Noble *et al.*, 1990; Naeser *et al.*, 1991), o a una de las fases peruanas de edad cretácica superior (Steinmann, 1929; Jaillard, en prensa). En el último caso se observarían, al Norte de la zona de Mañazo o en el Altiplano, depósitos detríticos gruesos de ante-país de edad senoniana o paleocena. Pero tales depósitos son desconocidos. En cambio, la deformación precoz podría corresponder a la fase Incaica 1, ya que la Formación Muñani del Altiplano, de edad eocena (Audebaud *et al.*, 1976) podría representar los depósitos de ante-país asociados a dicha deformación.

La vergencia hacia el Noreste de esta fase precoz puede estar ligada a la presencia de una rampa lateral (*lateral ramp*) de rumbo Noreste-Suroeste ubicada al Noroeste de Noasá. Esta hipótesis podría explicar además la dirección Noreste-Suroeste de los pliegues y fallas de primera generación, y el acortamiento anormal (*cf. infra*) observados en esta misma zona.

Antes del Oligoceno inferior, todas las unidades fueron deformadas por pliegues con eje Este-Oeste y cabalgadas hacia el Norte. Esta deformación está sellada por los conglomerados del Grupo Puno (Oligoceno inferior) que descansa en discordancia nítida sobre las calizas Arcurquina de las unidades septentrionales de las zonas de Mañazo y Lagunillas. Es probable que esta deformación corresponda a la fase Incaica 2 del Eoceno medio a superior (ca. 40 Ma; Mégard, 1984; 1987; Sébrier *et al.*, 1988).

Durante el Oligoceno inferior y/o medio (entre 35 y 30 ? Ma), el Grupo Puno se depositó en fuerte discordancia angular sobre las rocas mesozoicas deformadas con estructura en escamas. Su distribución, así como la disminución de su granulometría y potencia hacia el Norte o el Noreste, indican que el Grupo Puno alcanza su mayor espesor en una cuenca asimétrica, ubicada al Norte de las fallas de Mañazo-Lagunillas, paralela a éstas, y alimentada desde el Sur o el Suroeste. Por lo tanto, el Grupo Puno puede ser interpretado como el depósito de ante-país ligado a la estructuración del Eoceno superior de la zona de escamas de Mañazo-Lagunillas. Ya que estos movimientos complican las calizas Arcurquina de las escamas frontales, es probable que los olistolitos de calizas resbalaron entonces en la cuenca en donde se depositaba el Grupo Puno.

Durante el Oligoceno superior y el Mioceno inferior (entre 30 y 16 Ma), todas las unidades estructurales han sido sobreescorridas hacia el Norte, provocando el plegamiento del Grupo Puno, y el cabalgamiento de las unidades meridionales sobre las unidades septentrionales. La dirección axial de los pliegues sugiere que el desplazamiento ocurrió hacia el Norte. Es probable que esta deformación incluya varios episodios distintos, pero las observaciones de campo no permitieron diferenciarlos claramente en Mañazo.

Al Norte de la Laguna Lagunillas, la discordancia angular de las coladas volcánicas del Grupo Tacaza indica una fase durante el Oligoceno medio a superior (ca. 30 Ma). Esta deformación podría corresponder a la fase datada de ca. 28-26 Ma (Sébrier *et al.*, 1988; Ellison *et al.*, 1989).

En la zona de Mañazo, una reactivación de los cabalgamientos durante el Mioceno inferior es sugerida por la presencia de diques datados de 19 Ma paralelos a dichas estructuras, y anteriores a plutones datados de 16 Ma. Este evento podría corresponder a la discordancia datada de 22 Ma por Klin *et al.* (1986) y Ellison *et al.* (1989), o a la fase del fin del Mioceno inferior (ca. 17-15 Ma, Quechua 1; Mégard, 1984; 1987; Sébrier *et al.*, 1988).

A partir del Mioceno medio, sólo movimientos menores están registrados:

En el Mioceno medio a superior, según Klinck *et al.* (1986) y Ellison *et al.* (1989), eventos tectónicos serían indicados (ca. 17-8 Ma) por las discordancias observadas debajo de los grupos Maure y Barroso inferior.

En el Mioceno superior, la reactivación menor de las fallas de Lagunillas (7 Ma; Clark *et al.*, 1990) correspondería a la fase Quechua 3 (ca. 7 Ma; Mégard, 1987; Sébrier *et al.*, 1988).

La Formación volcánica Umayo del Mioceno terminal-Plioceno inferior (6-4 Ma) no parece haber sido deformada posteriormente.

D. Estimación del acortamiento en la Zona de Mañazo

Para utilizar la técnica de las secciones equilibradas (*balanced cross-sections*) en la estimación del valor mínimo del acortamiento total en las escamas de Mañazo, hemos tenido los siguientes problemas:

(1) No es posible reconstituir precisamente la geometría inicial de las capas sedimentarias complicadas en la deformación, debido a su ubicación en el borde de la Cuenca de Yura que provoca el acuñamiento abrupto de la serie jurásica. (2) La deformación total registrada en las escamas de Mañazo ha sido polifásica. Ocurrió siguiendo varias direcciones de acortamiento (pliegues NE-SO y E-O), e incluyó probablemente movimientos de rumbo. (3) No tenemos ningún dato de subsuelo que permita determinar la geometría profunda de los accidentes y de los niveles de despegue, o la ubicación del substrato autoctóno. (4) La zona en donde son visibles las escamas de Mañazo no pasa los 7,5 km de ancho, y posiblemente no es representativa del acortamiento real.

Por lo tanto, sólo hemos tenido en cuenta los pliegues visibles que afectan la serie, considerando las siguientes hipótesis: (1) Los espesores de las unidades estratigráficas son constantes en todas las unidades tectónicas; (2) Todas las fallas buzaban hacia el Sur, y se han individualizado con un ángulo de 45° con respecto a la estratificación; (3) La dirección del acortamiento es Norte-Sur.

Con estas hipótesis, y a pesar que el valor real pueda ser significativamente más elevado, el desplegamiento de las estructuras visibles en varios cortes de la zona de Mañazo indica que el acortamiento mínimo total es de 3 kilómetros, es decir el 40 %. Sin embargo, alcanza el 75 % en el corte de Noasía, soportando la interpretación de movimientos laterales de rumbo en esta zona.

En la zona de Mañazo-Lagunillas, el fuerte acortamiento tectónico coincide con un límite paleogeográfico muy importante, probablemente materializado por fallas normales antiguas con buzamiento al Sur o Suroeste que controlaron

la sedimentación y la tectónica mesozoicas (*cf. supra*). Por lo tanto, interpretamos la estructura y ubicación de las escamas de Mañazo-Lagunillas como resultado de la reactivación, durante la compresión andina, de dichos accidentes antiguos en fallas inversas, es decir con movimientos hacia el Norte o Noreste.

CONCLUSIONES

La potente serie estratigráfica mesozoica de las escamas de Mañazo-Lagunillas abarca unidades del Jurásico inferior al Cretácico superior, traduciendo una evolución sedimentaria paralela a la de la Cuenca de Arequipa. En cambio, difiere nítidamente de la serie poco potente del área de Cabanillas-Puno que empieza en el Jurásico superior o el Cretácico inferior. Por lo tanto, las escamas de Mañazo-Lagunillas están ubicadas en el límite paleogeográfico entre la Cuenca subsidente de Yura, y la zona positiva de Santa Lucia-Cabanillas.

Por el contenido sedimentario de las unidades, y la edad de su deformación son generalmente más jóvenes desde el Sur hacia el Norte. Por ello, interpretamos las escamas de Mañazo como una zona de pliegues y cabalgamientos (*Fold and Thrust Belt*), con una progresión hacia el Norte del frente de deformación, y con un buzamiento general al Sur de los niveles de despegue. Las relaciones estratigráfico estructurales con los depósitos terciarios indican una deformación polifásica.

Una fase tectónica precoz, probablemente la fase Inca 1 (Paleoceno superior-Eoceno basal, *ca.* 55-50 Ma) es responsable de una deformación sinquistosa de la base de las unidades meridionales, probablemente relacionada al despegue de dichas unidades. Esas estructuras están deformadas por la fase Inca 2 (Eoceno medio a superior, *ca.* 40 Ma). La distribución y el espesor del Grupo Puno (Oligoceno inferior a medio) sugieren que constituye los depósitos de ante-país de dicha deformación. Una tercera fase de cabalgamientos (Oligoceno medio a superior, *ca.* 30 Ma) deforma el Grupo Puno y está sellada por coladas volcánicas del Grupo Tacaza (Oligoceno superior a Mioceno inferior); una reactivación de las fallas inversas puede ser datada en el Mioceno inferior (*ca.* 19-16 Ma, fase Quechua 1 ?). Deformaciones de menor importancia ocurrieron durante el Mioceno tardío.

En Mañazo, el acortamiento mínimo total puede ser estimado en 40 %. Debido a la ausencia de datos de subsuelo, y al marco paleogeográfico responsable de una geometría inicial compleja, este valor tiene que ser considerado como muy aproximado. Sin embargo, indica que una gran parte del acortamiento tectónico andino se concentró en la zona de Mañazo-Lagunillas, a favor de la reactivación de los accidentes mesozoicos que controlaron la paleogeografía.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido llevado a cabo con el apoyo del Instituto Francés de Estudios Andinos. El trabajo de campo se realizó con la participación activa de J. Jacay y G. Salas. El manuscrito ha sido mejorado gracias a las críticas constructivas de J. Macharé y J.-C. Vicente.

Referencias citadas

- ALDANA, M., 1989 - El Calloviano en la Hacienda Queirane, departamento de Puno. *Bol. Soc. geol. Perú*, 79: 41-52.
- AUDEBAUD, E., 1973 - Geología de los cuadrángulos de Ocongate y Sicuani. *Bol. Inst. Geol. Min. Metal.*, 25, 72p., Lima.
- AUDEBAUD, E., LAUBACHER, G., & MAROCCO, R., 1976 - Coupe géologique des Andes du Sud du Pérou de l'Océan Pacifique au Bouclier Brésilien. *Geol. Rundschau*, 65: 223-264.
- BATTY, M., & JAILLARD, E., 1989 - La sedimentación neocomiana (Jurásico terminal - Aptiano) en el Sur del Perú. in: *Contribuciones de los simposios sobre el Cretácico de América Latina* (L.A. Spalletti, ed.): A75-A88, Buenos-Aires.
- BELLON, H. & LEFÈVRE, R., 1976 - Données géochronométriques sur le volcanisme andin dans le Sud du Pérou. Implications volcano-tectoniques. *C. R. Acad. Sci. Paris*, (D), 283: 1-4.
- BENAVIDES, V., 1962 - Estratigrafía pre-Terciaria de la región de Arequipa. *Bol. Soc. geol. Perú*, 38: 5-63.
- BOYER, S.E. & ELLIOTT, D., 1982 - Thrust Systems. *Am. Ass. Petrol. Geol. Bull.*, 66: 1196-1230.
- BUTLER, R.W.H., 1982 - The Terminology of structures in thrust belts. *J. Struct. Geol.*, 4: 239-245.
- CABRERA, A. & PETERSEN, G., 1936 - Reconocimiento geológico de los yacimientos petrolíferos del departamento de Puno. *Bol. Cuerpo Ing. Minas Petrol. Perú*, depart. geol., 115, 100p. Lima.
- CHANOVE, G., MATTAUER, M., & MÉGARD, F., 1969 - Précisions sur la tectonique tangentielle des terrains secondaires du massif de Pirin (Nord-Ouest du lac Titicaca, Pérou). *C. R. Acad. Sci. Paris*, (D), 268: 1698-1701.
- CHÁVEZ, A., 1982 - Estratigrafía y tectónica del sector de Chapi. Tesis Univ. Nac. San Agustín Arequipa, 101p., inédito.
- CLARK, A.H., FARRAR, E., KONTAK, D.J., LANGRIDGE, R.J., ARENAS, M.J., FRANCE, L.J., McBRIDE, S.L., WOODMAN, P.L., WASTENEYS, H., SANDEMAN, H.A. & DOUGLAS, D.A., 1990 - Geologic and Geochronologic Constraints on the Metallogenic Evolution of the Andes of Southeastern Peru. *Econ. Geology*, 85: 1520-1583, Lancaster.
- ELLISON, R.A., KLINCK, B.A. & HAWKINS, M.P., 1989 - Deformation events in the Andean orogenic cycle in the Altiplano and Western Cordillera, southern Peru. *J. South American Earth Sciences*, 2: 263-276.
- GRAMBAST, L., MARTÍNEZ, M., MATTAUER, M. & THALER, L., 1967 - *Perutherium altiplatense* nov. gen., nov. sp., premier mammifère d'Amérique du Sud. *C. R. Acad. Sci. Paris*, (D), 264: 707-710.
- HILLEBRANDT, A. von, 1987 - Liassic ammonite zones of South America and correlations with other provinces. in: *Bioestratigrafía de los sistemas regionales del Jurásico y Cretácico de América del Sur* (W. Volkheimer, ed.), 1: 111-157, Mendoza.
- JAILLARD, E., en prensa - Tectonic and Geodynamic evolution of the Peruvian margin between Kimmeridgian and Paleocene times. in: *Cretaceous tectonics in the Andes* (J.A. Salfity, ed.), Earth Evolution Sciences, International Monograph series, Vieweg Publ., Wiesbaden.
- JAILLARD, E. & SEMPÉRÉ, T., 1989 - Cretaceous sequence stratigraphy of Peru and Bolivia. in: *Contribuciones de los Simposios sobre el Cretácico de América latina* (L.A. Spalletti, ed.): A1-A27, Buenos-Aires.
- KLINCK, B.A., ELLISON, R.A. & HAWKINS, M.P., 1986 - *The geology of the Cordillera occidental and Altiplano, West of the Lake Titicaca, Southern Peru*. Inst. Geol. Min. Metal., Informe Preliminar, 353p., Lima.
- LAUBACHER, G., 1978 - *Géologie de la Cordillère orientale et de l'Altiplano au Nord et Nord-Ouest du Lac Titicaca (Pérou)*. Trav. Docum. ORSTOM, 95, 217p., Paris.
- LEÓN, I., 1981 - Antecedentes sedimentológicos del Jurásico-Cretácico inferior en la zona de Yura. Tesis Univ. Nac. S. A. Arequipa. 91p., inédito.
- LOUGHMANN, D.L. & HALLAM, A., 1982 - A facies analysis of the Pucará Group (Norian to Toarcian carbonates, organic-rich shales and phosphates) of Central and Northern Peru. *Sedim. Geology*, 32: 161-194.

- MÉGARD, F., 1978 - *Étude géologique des Andes du Pérou central*. Mém. ORSTOM, 86, 310p., Paris.
- MÉGARD, F., 1984 - The Andean orogenic period and its major structures in Central and Northern Peru. *J. Geol. Soc. London*, 141: 893-900.
- MÉGARD, F., 1987 - Cordilleran and marginal Andes: a review of Andean geology North of the Arica elbow (18° S). in: *Circum-Pacific belts and evolution of the Pacific ocean basin* (J.W.H. Monger & J. Francheteau, eds.), *Amer. Geoph. Union, Geodyn. series*, 18: 71-95.
- MORLEY, C.K., 1988 - Out-of-sequence Thrusts. *Tectonics*, 7: 539-561.
- NAESER, C.W., CROCHET, J.Y., JAILLARD, É., LAUBACHER, G., MOURIER, T. & SIGÉ, B., 1991 - Tertiary Fission-Track ages from the Bagua syncline (Northern Peru). Stratigraphic and tectonic implications. *J. South American Earth Sciences*, 4: 61-71.
- NEWELL, N.D., 1949 - Geology of the Titicaca region, Peru and Bolivia. *Geol. Soc. Am. Mem.*, 36, 111p.
- NOBLE, D.C., McKEE, E.H., MOURIER, T. & MÉGARD, F., 1990 - Cenozoic stratigraphy, magmatic activity, compressive deformation, and uplift in Northern Peru. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 102: 1105-1113.
- PORTUGAL, J., 1974 - Mesozoic and Cenozoic Stratigraphy and Tectonic events of Puno-Santa Lucia Area, Department of Puno, Peru. *Am. Ass. Petrol. Geol. Bull.*, 58: 982-999.
- PRINZ, P., 1985 - Stratigraphie und Ammonitenfauna der Pucara-Gruppe (Obertrias-Unterjura) von Nord-Peru. *Palaeontographica A*, 188: 153-197.
- RAMSAY, J.G., 1967 - *Folding and Fracturing of Rocks*, 568p., New-York: Mc Graw-Hill.
- SÉBRIER, M., LAVENU, A., FORNARI, M. & SOULAS, J.-P., 1988 - Tectonics and uplift in Central Andes (Peru, Bolivia and Northern Chile) from Eocene to present. *Géodynamique*, 3: 85-106, Paris.
- SEMPÉRÉ, T., OLLER, J. & BARRIOS, L., 1988 - Evolución tectosedimentaria de Bolivia durante el Cretácico. *Actas V° Cong. geol. Chile*, 3: H37-H65, Santiago.
- STEINMANN, G., 1929 - *Geologie von Peru*, 448p., Heidelberg, Karl Winter ed.
- VARGAS, L., 1970 - Geología del cuadrángulo de Arequipa. *Bol. Inst. Geol. Min. Metal.*, (A), 24, 64p.
- VICENTE, J.C., 1981 - Elementos de la estratigrafía mesozoica sur-Peruana. in: *Cuencas sedimentarias del Jurásico y Cretácico de América del Sur* (W. Vokheimer & E. Musacchio, eds.), 1: 319-351, Buenos-Aires.
- VICENTE, J.C., 1989 - Early late Cretaceous overthrusting in the Western Cordillera of Peru. in: *Geology of the Andes and its relations to energy and mineral resources* (G.E. Erickson, M.T. Cañas Pinochet & J.A. Reinemund, eds.), *Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources, Earth Sci. Ser.*, 11: 91-117, Houston, Texas.
- VICENTE, J.C., BEAUDOIN, B., CHAVEZ, A. & LEÓN, I., 1982 - La Cuenca de Arequipa (Sur Perú) durante el Jurásico-Cretácico inferior. *Actas V° Cong. Latinoamer. Geol.*, 1: 121-153, Buenos-Aires 1981.
- WESTERMANN, G.E.G., RICCARDI, A.C., PALACIOS O. & RANGEL, C., 1980 - Jurásico medio en el Perú. *Bol. Inst. Geol. Min. Metal.*, (D), 9, 47p., Lima.