

## ESTUDIO PRELIMINAR DE LOS DEPÓSITOS DELTAICOS MIOCENOS DEL RÍO TAMBO (PUNTA DE BOMBÓN, AREQUIPA)

F. Daniel PEÑA<sup>1,3</sup>, José APOLÍN<sup>2</sup>, Bertil RODRÍGUEZ<sup>3</sup> & Thierry SEMPERE<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Convenio IRD-UNMSM, Av. Venezuela s/n, cdra. 34, Lima 1 E-mail: fenap\_99@hotmail.com

<sup>2</sup> Laboratorio de Selacología y Arqueozoología, Universidad Peruana Cayetano Heredia, Av. Armendáriz, cdra. 4, Lima E-mail: joseapolin@yahoo.com

<sup>3</sup> Universidad Nacional Mayor de San Marcos, EAP Ingeniería Geológica, Av. Venezuela s/n, cdra. 34, Lima 1

<sup>4</sup> IRD, apartado postal 18-1209, Lima 18 E-mail: Thierry.Sempere@ird.fr

### RESUMEN

En su zona de desembocadura (Punta de Bombón, Arequipa), el río Tambo ha acumulado depósitos fluviales a marinos, es decir de tipo deltaico. El análisis de los estratos aflorantes permite identificar una evolución sedimentaria transgresiva, con paleoambientes que abarcan desde ríos trenzados y llanura deltaica hasta barras de desembocadura. En los estratos superiores, marinos, la presencia de un tiburón fósil considerado como característico, *Isurus xiphodon*, restringe la edad de estos sedimentos al Mioceno superior (~6~11 Ma). La transgresión registrada en Punta de Bombón, de edad Mioceno superior, es por lo tanto un equivalente sureño de la transgresión coetánea que se desarrolló más al norte (zona de Sacaco; cuenca Pisco) a partir de ~9 Ma. La aparente contradicción de esta edad con curvas eustáticas globales comprueba que fueron fenómenos tectónicos extensionales, registrados por las fallas sinsedimentarias observadas, que más controlaron la sedimentación, causando una sensible subsidencia en la costa sur-peruana y permitiendo acumulaciones sedimentarias localmente espesas.

### ABSTRACT

In the area where it flows into the Pacific Ocean (Punta de Bombón, department of Arequipa), the río Tambo has accumulated fluvial to marine, i.e. deltaic-type, deposits. Analysis of the outcropping strata identifies a transgressive sedimentary evolution, with paleoenvironments ranging from braided rivers and deltaic plain to distributary mouth bars. Reportedly diagnostic teeth of the fossil shark *Isurus xiphodon* date the marine, upper strata as Late Miocene (~6~11 Ma). The Late Miocene transgression recorded in Punta de Bombón is thus a southern equivalent of the coeval transgression that developed more to the north (Sacaco area; Pisco Basin) starting ~9 Ma. The apparent contradiction between the age of this transgression and global eustatic curves proves that sedimentation was mostly controlled by extensional tectonics (as recorded by observed synsedimentary faults), causing significant subsidence along the southern Peruvian coast and permitting locally thick accumulations.

### INTRODUCCIÓN

El antearco neógeno del sur del Perú comprende acumulaciones sedimentarias continentales y marinas significativas. Si bien las últimas se encuentran generalmente a lo largo de la costa actual y en la plataforma submergida, las primeras se reparten entre una zona de acumulación proximal ("cuenca Moquegua") ubicada entre la Cordillera Occidental y la Cordillera de la Costa, por una parte, y la misma zona costera, por otra parte. En su zona de desembocadura, el río Tambo ha acumulado depósitos de tipo deltaico (fluviales a marinos), organizados en una forma compleja (Fig. 1). Este trabajo representa un estudio preliminar de los depósitos antiguos del fandelto del río Tambo.

Cerca de Punta de Bombón (departamento de

Arequipa), afloramientos de estratos que fueron depositados en este paleodelta permiten observar un buen registro sedimentario y por lo tanto realizar un análisis estratigráfico y sedimentológico. Estos depósitos fueron inicialmente cartografiados como depósitos cuaternarios de origen aluvial y terrazas marinas pleistocénicas (Bellido y Guevara, 1963). El levantamiento de columnas litoestratigráficas permite comprobar que en realidad estos depósitos pertenecen al paleodelta del río Tambo y conforman una sucesión transgresiva de edad Mioceno superior, dado que en La Punta sus niveles superiores contienen dientes de una especie de tiburón característica de este intervalo de tiempo. La transgresión así evidenciada plantea una discusión en torno a los papeles respectivamente desempeñados en esta área por los procesos tectónicos, eustáticos y sedimentarios.

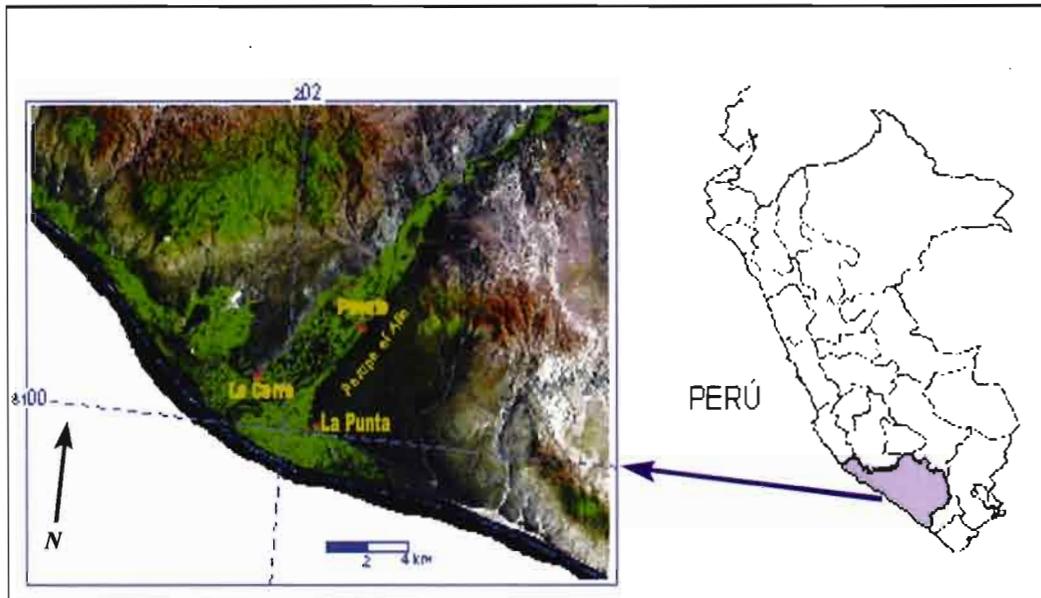


Fig. 1: Mapa de ubicación de la zona

## TIPOS DE DEPÓSITOS SEDIMENTARIOS Y SUS RELACIONES ESPACIALES

Se observan tres importantes tipos de depósitos sedimentarios: depósitos de ríos trenzados (unidad inferior, = PB1), depósitos de llanura deltaica (unidad media, = PB2) y depósitos de barra de desembocadura (unidad superior, = PB3). Estos depósitos no son lateralmente equivalentes ya que cada uno de ellos conforma una unidad estratigráfica propia.

### Unidad inferior (PB1) : depósitos de ríos trenzados

La unidad inferior PB1, cuya parte basal no se observa, está compuesta por areniscas de grano grueso y conglomerados en canales (Fig. 2; Foto 1). La evolución lateral de estos estratos se puede observar debido a que los afloramientos exponen frecuentemente esta unidad. Los depósitos de canal consisten mayormente de sets de capas con estratificación horizontal que pasan lateralmente a estratificación cruzada; en canales de mayor envergadura se observan bloques deslizados (Foto 1). En la base de muchos canales se observa una incisión erosional pronunciada. El relleno de los canales se compone de depósitos de *channel lag* (en su base), que pasan verticalmente a depósitos con estructura en artesas; se observan clastos cuyo diámetro sobrepasa 20 cm. El mayor tamaño de clastos (diámetros >20 cm) se observa en los cortes de La Punta y cerca al puente sobre el río Tambo (flanco norte de la pampa El Alto) (Fig. 1). Muchos de estos canales pasan progresivamente, hacia su tope, a depósitos con laminación planar de barras transversas.

En esta unidad inferior se observan fallas normales sinsedimentarias de orientación N-S, buzando al oeste.

### Unidad media (PB2) : depósitos de llanura deltaica

La unidad media PB2 sobryace a la unidad

inferior PB1 mediante una superficie de erosión. La unidad PB2 se divide en dos sub-unidades. La sub-unidad PB2a (Figs. 2 y Foto 1) está compuesta por capas de areniscas de coloración lila, de grano grueso, y por eventuales conglomerados con laminación planar. Tanto las capas de arenisca como los conglomerados tienen geometrías lenticulares. Estos a su vez pasan lateralmente a niveles donde arenas finas y limoarcillas se intercalan; en estos niveles se observan estructuras de escape de agua.

La sub-unidad PB2b (Figs. 2 y Foto 1) está compuesta por sedimentos de grano más fino que la sub-unidad anterior. En la base se observan areniscas gruesas con estratificación cruzada y hacia arriba arenas medianas con rizaduras (*ripples*). En el tope se observan arenas finas con laminación planar, intercaladas con limos.

### Unidad superior (PB3) : depósitos de barras de desembocadura

La unidad superior PB3 sobryace a la unidad media PB2 con un contacto brusco, que es una superficie erosiva. La unidad superior se divide también en dos sub-unidades (Figs. 2 y Foto 1). La sub-unidad PB3a está constituida de areniscas de grano grueso apiladas en capas tabulares con estratificación cruzada. Estas areniscas pasan lateralmente a canales aislados y esporádicos con microconglomerados en su base; en algunos casos estos canales están rellenos por bioclastos marinos. Estos depósitos se interpretan respectivamente como barras y canales interbarra. Hacia el tope de esta sub-unidad se observan depósitos de tormenta de tipo "HCS" (*hummocky cross stratification*) (Foto 1).

La sub-unidad PB3b (Figs. 2 y Foto 1) consiste de depósitos de playa. En su base se observan areniscas de grano grueso que pasan a areniscas de grano fino sin estructura. En este nivel se hallaron restos de rayas e invertebrados (ver más adelante y Lámina 1). Esta sub-unidad continúa con unas capas de arenisca gruesa donde se hallaron dientes de tiburón (ver más adelante y Lámina

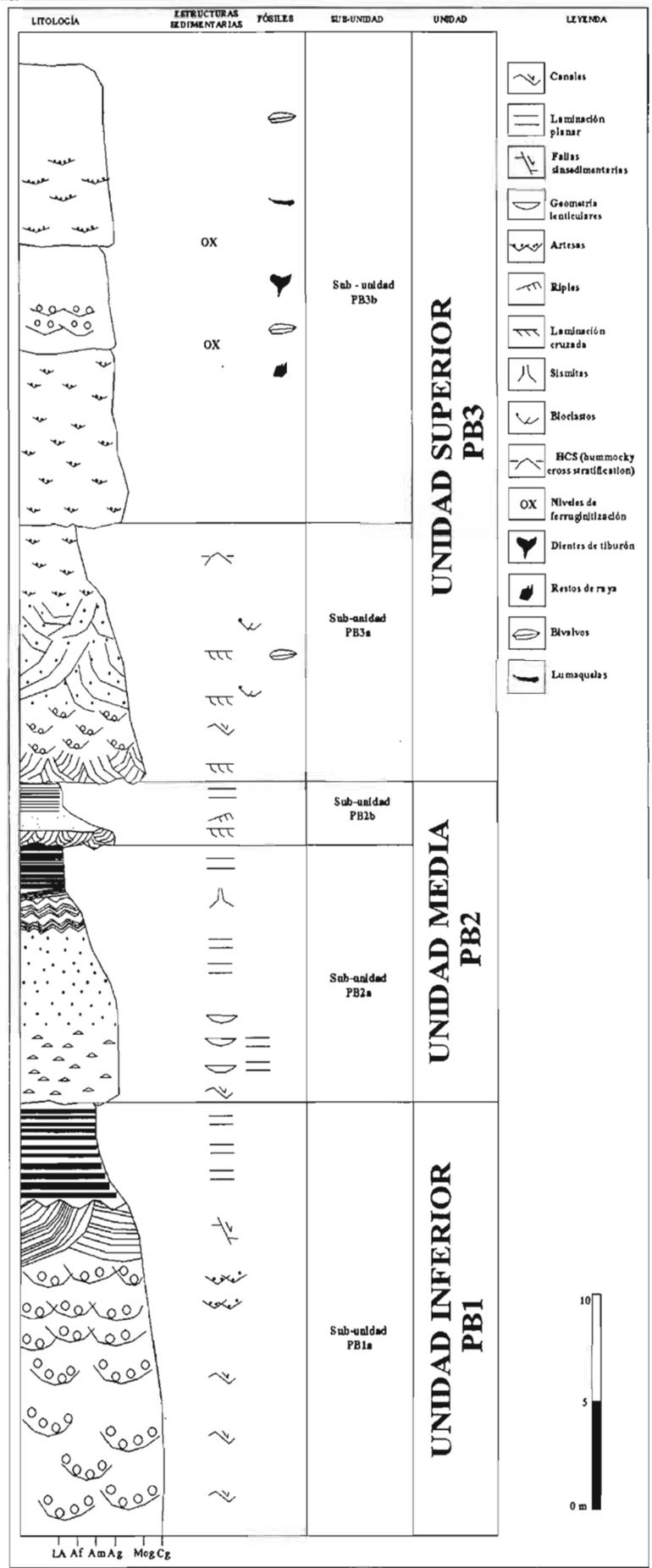


Fig. 2: Columna estratigráfica representativa

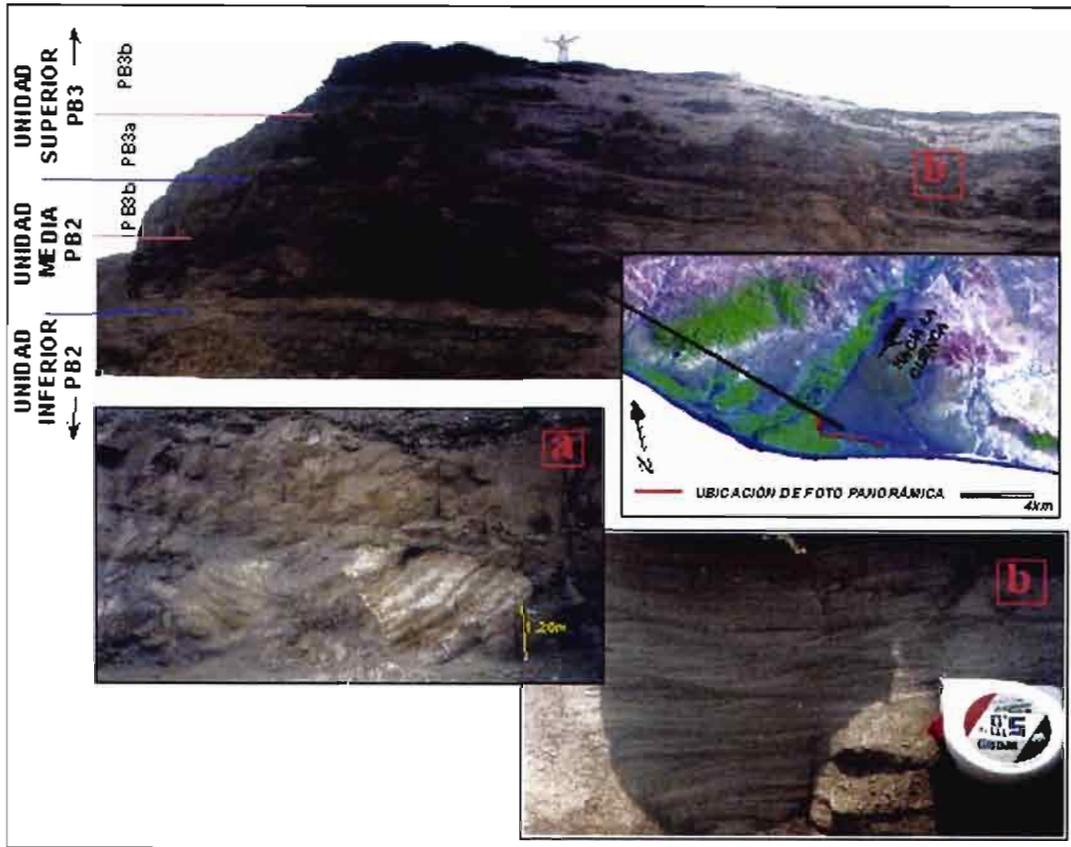


Foto 1: Foto panorámica de la sección La Punta (con mapa de ubicación de la foto) y ejemplos de estructuras sedimentarias observadas

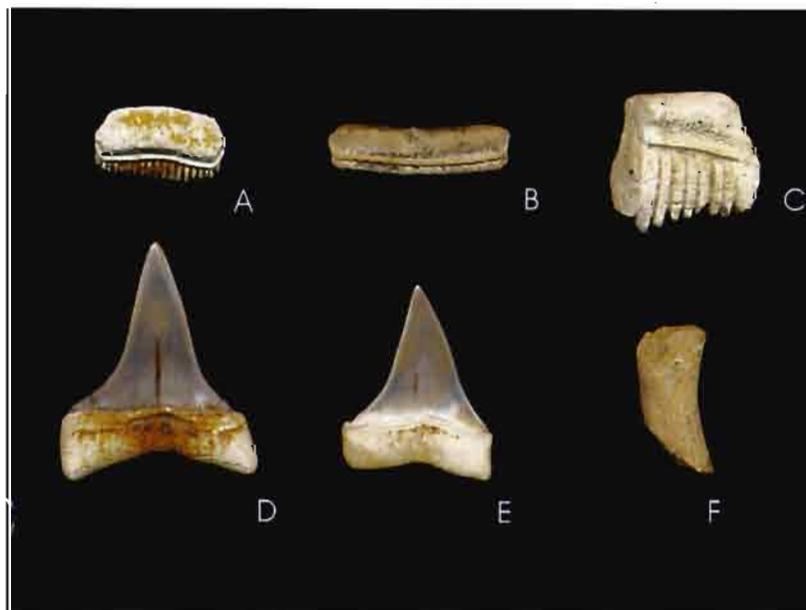


Lámina 1: Fósiles recolectados en este trabajo (información detallada en el texto). Todos corresponden a seláceos (Elasinobranchii), salvo F (mamífero marino?). A, B y C : vista linguo-occlusal; D y E : vista labial. Fotografía: J. Apolín; escala natural

1). Hacia el tope se observan areniscas de grano grueso a medio sin estructuras sedimentarias claras y con algunas superficies de erosión y ferruginización. Estas areniscas contienen varios niveles con fósiles mal conservados (bivalvos, óstreas). Los dientes fósiles de tiburón muestran rasgos de piritización singenética, y los bivalvos hallados en los niveles superiores están reemplazados por yeso y halita. lo que en conjunto indica un ambiente confinado con poca oxigenación.

La superposición de la sub-unidad PB3b sobre la PB3a sugiere que existía un espacio de acomodación suficiente para un apilamiento de secuencias potentes con poca evolución vertical durante el intervalo de depositación de PB3a. Dado que en PB3b se observan frecuentes emersiones, se interpreta que el espacio disponible había disminuido en esta época.

## PALEONTOLOGÍA

### SISTEMÁTICA

Subclase ELASMOBRANCHII

Orden RAJIFORMES

Familia MYLIOBATIDAE

*Aetomylaeus* sp.

El ejemplar, que proviene de la parte basal de la sub-unidad PB3b, corresponde a un diente medial completo de pequeño tamaño (Lámina 1 A), el cual presenta superficies algo erosionadas. El género *Aetomylaeus* se encuentra desde el Mioceno a la actualidad.

*Myliobatis* sp.

El ejemplar, que proviene de la parte basal de la sub-unidad PB3b, corresponde a un diente medial completo de tamaño medio (Lámina 1 B), el cual presenta superficies fuertemente erosionadas. El género *Myliobatis* se encuentra desde el Paleoceno a la actualidad.

**Cf. *Aetobatus***

El ejemplar, que proviene de la parte basal de la sub-unidad PB3b, corresponde a un fragmento de diente medial de tamaño medio (Lámina 1 C). Presenta superficies fuertemente erosionadas. lo que imposibilita una determinación más precisa. El género *Aetobatus* se encuentra desde el Paleoceno a la actualidad.

Orden LAMNIFORMES

Familia LAMNIDAE

*Isurus xiphodon*

Se encontraron dos ejemplares atribuidos a *I. xiphodon* en la parte mediana de la sub-unidad PB3b. Se trata de un diente lateral inferior del lado derecho (Lámina 1 D) y de un diente intermedio superior de lado izquierdo (Lámina 1 E). Pese a que cobra un rango mayor en otras partes del mundo, *I. xiphodon* está aparentemente restringido al Mioceno superior (~6~11 Ma) en el Perú (Apolín, 2001).

Clase MAMALIA

**Mamalia indet.**

Un pequeño fragmento óseo se atribuye a un mamífero indeterminado, que podría corresponder a un cetáceo (Lámina 1 F).

## CONCLUSIONES

Los tipos de depósitos sedimentarios y la relación que éstos mantienen tanto lateral- como verticalmente permiten identificar en el área de estudio una evolución sedimentaria transgresiva. La presencia de un fósil considerado como característico, *Isurus xiphodon*, restringe la edad de estos sedimentos al Mioceno superior (~6~11 Ma). Los rangos conocidos de los otros fósiles encontrados son compatibles con esta edad.

Esta transgresión de edad Mioceno superior registrada en Punta de Bombón es muy probablemente un equivalente sureño de la transgresión coetánea conocida al norte del área de Sacaco (DeVries, 1998) y en la cuenca Pisco (Muizon y DeVries, 1985; Macharé et al., 1986; Marocco y Muizon, 1988; DeVries, 1998; Vicente et al., 2000; León y Alemán, 2002). En particular, dado el rango cronológico indicado por *Isurus xiphodon*, es probable que la transgresión observada en Punta de Bombón sea la misma que la descrita por DeVries (1998), quien identifica en ~9 Ma el inicio de un prolongado ascenso del nivel marino en base a un conjunto de edades isotópicas obtenidas en la cuenca Pisco y área de Sacaco.

Pese a que su base está cubierta, la unidad inferior (PB1) parece haberse depositado cuando el nivel del mar (nivel de base) estaba relativamente bajo, con una línea de costa ubicada al suroeste de Punta de Bombón. En la zona de estudio se acumularon entonces depósitos fluviales trenzados, colmatando especialmente canales, durante este primer intervalo. La posterior subida del nivel marino resultó probablemente de la subsidencia tectónica inducida por la tectónica extensional ya registrada en los estratos sedimentarios de la unidad inferior. Esta subsidencia permitió la acumulación de sedimentos de llanura deltaica durante el segundo intervalo (unidad media, PB2). La unidad superior (PB3) registra una subida aún más marcada del nivel marino. Al inicio de la deposición de la sub-unidad PB3a el espacio de acomodación disponible, es decir la paleoprofundidad, parece haber sido relativamente importante, sugiriendo que la subsidencia se había acelerado. Durante la deposición de la sub-unidad PB3b, la disminución de la profundidad produjo una progradación de facies menos marinas y emersiones esporádicas.

Cabe notar que la edad de la secuencia transgresiva registrada en el sur del Perú está en aparente contradicción con la curva eustática de Haq et al. (1987), la cual indica para el Mioceno superior una marcada regresión eustática a nivel global. Sin embargo, este desacuerdo es más bien prueba de que fueron fenómenos tectónicos extensionales que más influyeron sobre los ambientes y procesos de sedimentación en el fandelta mioceno superior del río Tambo (se subraya que la existencia de estos

fenómenos está comprobada por las fallas sinsedimentarias observadas), causando una sensible subsidencia en la costa sur-peruana y permitiendo por lo tanto una acumulación relativamente espesa de depósitos sedimentarios. Una vez más se comprueba que los modelos que favorecen una estratigrafía secuencial global, basándose en curvas eustáticas (como la de Haq et al., 1987), no integran las signaturas estratigráficas que pueden dejar los fenómenos tectónicos, y por lo tanto no pueden aplicarse en márgenes activos.

El estudio preliminar de los estratos de edad Mioceno superior observables en Punta de Bombón manifiesta la complejidad de las interacciones entre tectónica extensional, eustatismo y aportes sedimentarios en el funcionamiento de sistemas depositacionales

costeros en el Cenozoico. Las acumulaciones sedimentarias del paleodelta mioceno superior del río Tambo se organizan en un patrón transgresivo, implicando una subsidencia que resultó de un régimen tectónico extensional, evidenciado por fallas normales sinsedimentarias. Otros factores tales como el eustatismo y los aportes sedimentarios — los cuales dependen de las condiciones climáticas — se convirtieron en factores secundarios pero actuaron conjuntamente con el factor tectónico.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido en parte financiado por el programa del IRD "Geología del sur del Perú".

#### REFERENCIAS

- APOLÍN J. G.** (2001).- *Isurus oxyrinchus* (RAFINESQUE, 1810) "MAKO DE ALETAS CORTAS" como posible ancestro de *Carcharodon carcharias* (LINNAEUS, 1758) "TIBURÓN BLANCO" (CHONDRICHTYES: LAMNIDAE). Tesis de biólogo. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 133 p.
- BELLIDO E. & GUEVARA C.** (1963).- Geología del cuadrángulo de Punta de Bombón y Clesesí. Comisión Carta Geológica Nacional, boletín 5, p. 10-55.
- DEVRIES T. J.** (1998).- Oligocene deposition and Cenozoic sequence boundaries in the Pisco Basin (Peru). *Journal of South American Earth Sciences*, v. 11 (3), p. 217-231.
- HAQ B. U., HARDENBOL J. & VAIL P. R.** (1987).- Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic. *Science*, v. 235, p. 1156-1167.
- LEÓN W. & ALEMÁN A. M.** (2002).- Forearc extension: tectonics, sedimentologic and stratigraphy evolution of the east Pisco Basin. V International Symposium on Andean Geodynamics. Toulouse, 381-384.
- MACHARÉ J., SÉBRIER M., HUAMAN D. & MERCIER J.-L.** (1986).- Tectónica cenozoica de la margen continental peruana. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, v. 76, p. 45-77.
- MAROCCO R. & MUIZON C. DE** (1988).- Le bassin Pisco, bassin cénozoïque d'avant-arc de la côte du Pérou central. Analyse géodynamique de son remplissage. *Géodynamique*, v. 3 (1-2), p. 3-19.
- MUIZON C. DE & DEVRIES T. J.** (1985).- Geology and palaeontology of Late Cenozoic marine deposits in the Sacaco area (Perú). *Geologische Rundschau*, v. 74, p. 547-563.
- VICENTE J.-C., ZULOAGA A. & HURÉ F.** (2000).- Características de la extensión eo-terciaria en el sector costero de Palpa (departamento de Ica): Enseñanza del corte del curso inferior del Río Grande. X Congreso Peruano de Geología, Resúmenes, p. 58.