

EVOLUCIÓN SEDIMENTARIA Y PALEOAMBIENTAL DURANTE EL PLEISTOCENO EN LA QUEBRADA EL MUERTO, LA BREA, TALARA

SEDIMENTARY AND PALEOENVIRONMENTAL EVOLUTION DURING PLEISTOCENE AGE IN QUEBRADA EL MUERTO, LA BREA, TALARA

Aldo Alván¹, José Tuesta¹, Juan Pablo Navarro¹, Jean-Noël Martínez² y Lidia Romero¹

RESUMEN

La sedimentación continental durante el Pleistoceno en la quebrada El Muerto en Pampa La Brea, Talara, ha sido analizada mediante el levantamiento de columnas estratigráficas. Estas sucesiones de facies están ubicadas sobre las capas terciarias de la cuenca Talara y consisten en facies características de flujos de detritos *debris flows* de alta y baja densidad, conformadas por intercalación de facies de arenas que engloban granos aislados con facies de granos gruesos clasto soportados y matriz soportado. Estas facies conforman un sistema de abanicos aluviales con canales fluviales conglomerádicos proximales en episodios consecutivos y alternantes, compuesto de clastos que derivan de la erosión de las rocas paleozoicas de los cerros Amotape. Mediante el análisis sedimentológico, se interpreta los elementos arquitecturales que consisten de intercalaciones de elementos GB, CH, SB y LA y su paleoambiente. Estos sistemas se formaron en un clima húmedo con lluvias de regular intensidad, como lo evidencian los abundantes vertebrados fósiles, e insectos adaptados a climas húmedos.

Palabras clave: *Abanico aluvial, Sedimentología, Vertebrados, Pleistoceno, La Brea, Talara.*

ABSTRACT

Continental sedimentation during Pleistocene at quebrada El Muerto in Pampa La Brea, Talara, has been analyzed by making stratigraphic columns. These facies successions are positioned on the Tertiary beds of Talara basin; and these deposits consists of characteristic facies of high and low density debris flows, consisting of sand facies intercalations that encompasses isolated grains with coarse clast supported and matrix-supported facies grains. These facies form an alluvial fan system with fluvial proximal channels composed of conglomerate in consecutives and alternating episodes, composed of grains derived from the weathering of rocks of the palaeozoic Amotape hills. By this analysis, architectural elements and paleoenvironment are interpreted, consisting of alluvial and fluvial deposits such as GB, CH, SB and LA.

These systems were formed in humid climates with regular intensity of rainfall, where there is evidence of abundant vertebrate fossils and water adapted insects.

Keywords: *Alluvial fan, Sedimentology, Vertebrates, Pleistocene, La Brea, Talara.*

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo, fue realizado como parte de las actividades del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, mediante el proyecto de investigación GR11: "Evolución de los Ecosistemas continentales del norte de Perú durante el Plio-Pleistoceno". Proporciona nuevos alcances en la sedimentología

de los terrenos conglomerádicos pleistocénicos de La Brea, en la quebrada El Muerto, los cuales están limitados al este por los cerros Amotape y al oeste por una terraza marina (denominado como Tablazo Máncora por Bosworth, 1922; Lemon y Churcher, 1961).

¹Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico INGEMMET, Av. Canadá 1470 San Borja - Lima, aalvan@ingemmet.gob.pe

²Universidad Nacional de Piura, Instituto de Paleontología, Urb. Miraflores s/n Castilla, Piura, paleonto@yahoo.com

Estos terrenos contienen gran cantidad de vertebrados fósiles, tales como cocodrilos, aves acuáticas, murciélagos, tortugas terrestres (Martínez y Cadenillas, 2004), conservados en el alquitrán (tar seeps), y han sido objeto de numerosos trabajos (Bosworth, 1922; Lemon y Churcher, 1959, 1961, 1962, 1965, 1966; Churcher y Van Zyll de Jong, 1965; Campbell, 1979, 1982; Marshall et al., 1984; Czaplewski, 1990; Martínez y Cadenillas, 2004; Cadenillas y Martínez, 2006). Estos fósiles son considerados como pertenecientes al Pleistoceno superior por dataciones con isótopos de radiocarbono 14, atribuyéndole una edad de $13,616 \pm 600$ años (Bryan, 1973). Este trabajo se enfoca sobre el contexto sedimentario en el cual se desarrollaron los vertebrados, utilizando la clasificación de Miall (1996) para describir las facies registradas en las columnas estratigráficas e interpretadas en términos de elementos arquitecturales y paleoambientes para este sector, los que tienen influencia en la tafonomía de vertebrados.

UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La provincia de Talara se encuentra en la parte noroccidental del Departamento de Piura, entre los cerros Amotape y el Océano Pacífico. El área de estudios comprende a los depósitos pleistocénicos de la quebrada El Muerto en Pampa La Brea, distrito de La Brea (Fig. 1), allí se encuentran pozos petroleros abandonados observándose aún emanaciones naturales de hidrocarburos.

CONTEXTO GEOLÓGICO

Las montañas Amotape se extienden hasta la parte sur de Ecuador tomando allí el nombre de montañas Tahuín para luego desviarse con rumbo noreste hasta encontrarse con la Cordillera Real (equivalente de la Cordillera Oriental en Perú). Este conjunto está constituido por rocas metamórficas designadas como pertenecientes al Dominio Amotape-Tahuín (Palacios et al., 2004); algunas de las cuales afloran en el área de estudios del presente trabajo. Los primeros reportes de investigaciones geológicas en el área de los cerros Amotape se deben a Bosworth (1922) describiendo las terrazas marinas (Tablazos Máncora, Talara, Lobitos y Salinas) y los depósitos conglomerádicos del Cuaternario, es allí donde menciona abanicos aluviales o “abanico de brechas Amotape” de climas desérticos con inundaciones temporales. Thomas (1928), Naus (1944) y Newell et al. (1949) describieron en el cerro Prieto una sección continua que la asignaron al Pensilvaniano. Martínez (1970) dividió el Grupo Amotape y las describió como las formaciones Cerro Negro (Devónico), Palaus (Misisipiano inferior), Cerro Prieto (Misisipiano) y Chaleco de Paño (Pensilvaniano). Estas rocas sufrieron metamorfismo cataclástico a mesoclástico (Palacios et al., 2004).

La Formación Cerro Negro consiste en esquistos micáceos, cornubianitas, cuarcitas y pizarras grises oscuras. La Formación Palaus presenta arcillitas grises verdosas y areniscas cuarzosas (Newell et al., 1949; Cruzado y Kuang, 1985). La Formación Cerro

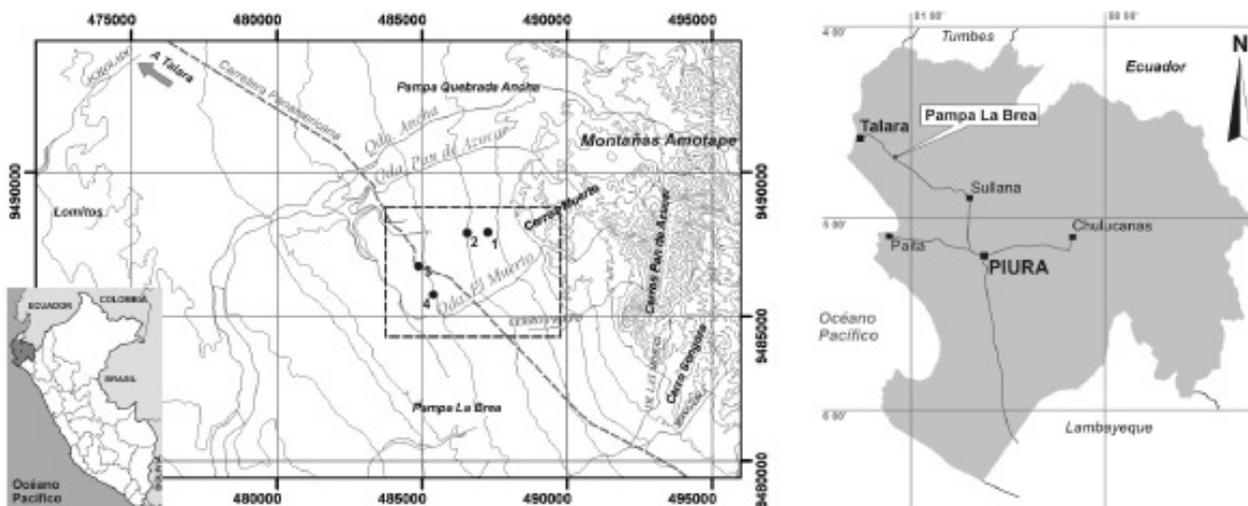


Figura 1. Ubicación y accesibilidad a las estribaciones del cerro El Muerto (zona de estudios) marcado en rectángulo de líneas punteadas.

Prieto, descrita por Newell et al. (1949) como Grupo Tarma, está presente en la quebrada El Muerto y en el cerro Prieto donde está compuesta de lutitas grises verdosas con bajo nivel de metamorfismo, areniscas, limolitas y areniscas cuarzosas con lentes de caliza azulada. Y por último, la Formación Chaleco de Paño, presentando una alternancia de arcillitas grises verdosas y areniscas cuarcíticas calcáreas.

El área de Pampa La Brea presenta depósitos de gravas polimícticas. Litológicamente los clastos en la quebrada El Muerto están compuestos de lutitas grises verdosas con metamorfismo incipiente, areniscas, limolitas y areniscas cuarzosas grises con una marcada coloración rojiza por la oxidación.

NOCIONES TEÓRICAS

El objetivo de este trabajo consiste en el análisis de depósitos cuaternarios en términos de elementos arquitecturales en sedimentación fluvial e interpretación paleoambiental. Herramientas útiles para el entendimiento de sus orígenes y geometría. Mencionamos a continuación algunas herramientas y conceptos básicos utilizados en este trabajo para una mejor comprensión.

Abanico Aluvial

Un abanico aluvial es un conjunto de depósitos clásticos depositados por corrientes de agua con carga sólida granular (Reading, 1996) que se desarrolla en zonas aledañas a los altos morfológicos, terminando en la desembocadura de un valle en una cuenca donde existe una ruptura importante de pendiente durante

su período sedimentario (Arche, 1989), haciendo que se expanda lateralmente, disminuyendo la energía y depositando la parte sólida. Sus controles morfológicos son la tectónica, el área de drenaje, la pendiente y la acción climática, provocando procesos de caída de rocas y flujos de detritos y de lodo. Reading (1996) divide espacialmente a los abanicos aluviales en tres sectores importantes (Fig. 2).

1. *Abanico proximal*, esta porción del sistema se encuentra más cercana al origen de aporte, presenta gradientes de inclinación más altos y los sedimentos que se depositan aquí generalmente son los más gruesos; predominando el transporte masivo.

2. *Abanico intermedio*, presenta gradientes de inclinación menores que en el sector superior, siendo los canales más someros, por lo tanto los sedimentos son de dimensiones intermedias; aquí el transporte de los materiales es principalmente por corrientes tractivas.

3. *Abanico distal*, se caracteriza por presentar los gradientes de inclinación más bajos del sistema, con sedimentación fina y ausencia de canales desarrollados, debido a la expansión final de las corrientes tractivas. Las partes más distales del depósito, muestran un paso progresivo a otros sistemas.

En la división espacial un abanico aluvial, cada sector comprende sus facies características, resaltando los procesos sedimentarios más importantes y su control cíclico en la depositación.

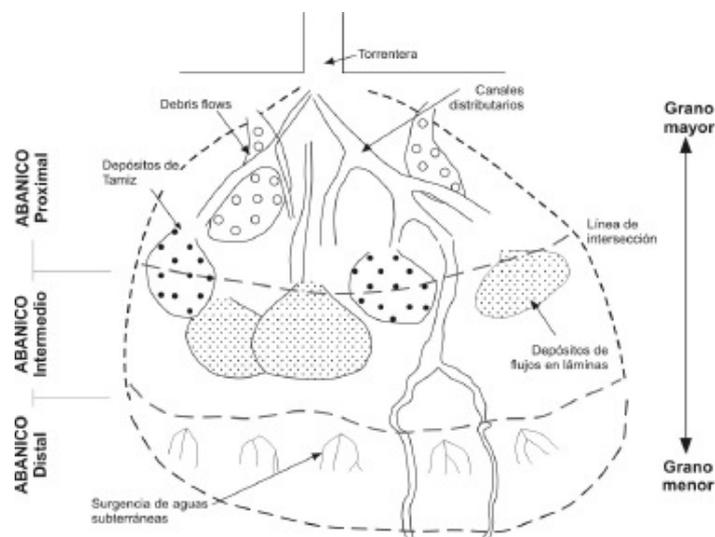


Figura 2. Unidades morfológicas de un abanico aluvial (Reading, 1978).

Facies Aluviales

Las facies aluviales comprenden un amplio rango de tamaño de granos; la variedad de litología presente puede ser clasificada de acuerdo a varios esquemas, siguiendo un estándar adecuado, principalmente en base a las características de los componentes de los flujos (tamaño, forma y orientación de los clastos), sus texturas y estructuras.

La división granulométrica nos permite diferenciar los procesos de sedimentación, mientras que las estructuras sedimentarias nos indican los medios sedimentarios.

Terminología de la clasificación de facies aluviales de Miall

Una clasificación ampliamente usada es la de Miall (1978, 1996), donde las diferentes litofacies que componen una serie sedimentaria, se encuentran representadas por códigos establecidos por el mencionado autor (Tabla 1 y 2), representando la granulometría y las estructuras sedimentarias.

La metodología consiste en asignar una letra mayúscula que sea representativa para el tamaño de grano de la roca; el tamaño de grano, se refiere a una gran división de una escala granulométrica estándar G (Gravel = grava y conglomerado), S (Sand = arena) y F (Fines = limolitas y lutitas), acompañado de letras minúsculas que representan las estructuras sedimentarias; generando códigos que son elaborados de acuerdo a las texturas y estilos de sedimentación (Fig. 3).

Según Miall, las estructuras sedimentarias y elementos arquitecturales son respuestas de eventos aluviales y fluviales en un abanico, concordando con las facies establecidas por Reading (1986). Para la descripción de los depósitos fluviales del abanico aluvial de la quebrada El Muerto, se utilizó esta metodología; proponiéndose una interpretación paleoambiental de sus facies sedimentarias.



Figura 3. Códigos usados por Miall (1996); esta representación nos indica areniscas (S) con laminaciones oblicuas (t).

Comparación: Facies de Miall vs. Facies de Reading

Los códigos propuestos por A. Miall han sido

aceptados y aplicados en numerosos trabajos sedimentológicos. Por otro lado, uno de los inconvenientes de este método es caracterizar facies intermedias o inusuales, lo más práctico en este caso sería ajustarlo a alguno descrito en las tablas (Reading, 1996). Este autor considera adecuado agregar más información a la descripción sedimentológica incorporando propiedades tales como forma de facies (tamaño, forma, orientación, forma de contacto, etc.). De acuerdo esto, consideramos útil comparar los criterios mencionados, con los sugeridos por Reading (1996).

Por ejemplo, menciona que un *Sieve deposit* (Depósito en tamiz) consiste en depósitos clasto soportados heterogéneos altamente permeables, donde los sedimentos en suspensión son infiltrados entre los intersticios. Sus facies consisten principalmente de conglomerados con clastos angulosos, a veces imbricados, clasto soportados con muy poca matriz, sin estructuras sedimentarias, hasta gradualmente formarse flujos en láminas. Estos se asemejan a las facies Gmm, Gmg y Gci, descritas por A. Miall.

Un flujo en láminas (sheet flood), se forma cuando el confinamiento termina y empieza la expansión en láminas, típicamente en la zona intermedia. Según su descenso por el abanico aluvial, pierde volumen por pérdida e infiltración de agua, teniendo facies de laminados, y son similares a las facies Gh, Gt y Gp, descritas por Miall. De igual modo sucede con las facies finas de pie de abanico.

ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO

La metodología de Miall (1996) fue propuesta para el estudio de ambientes fluviales actuales y antiguos. Se basa en el análisis de facies (interrelación del tamaño de grano, estructuras sedimentarias, textura y geometría de las capas) (Tabla 1) y asociación de facies (Tabla 2).

Esto permite mejorar la caracterización dinámica de las sucesivas condiciones ambientales que se dan en un medio sedimentario; y ha sido empleada como la herramienta fundamental para comprender y clasificar paleoambientes y sistemas depositacionales. El análisis de arquitecturas sedimentarias intenta comprender la tridimensión de los sistemas sedimentarios empleando la noción de elementos geométricos en analogía con conceptos geomorfológicos. El presente trabajo aplica esta metodología para estudiar los terrenos pleistocénicos de la quebrada El Muerto.

Tabla 1. Clasificación de facies G, S y F para modelos aluviales (según Miall, 1996).

Código	Facies	Estructura Sedimentaria	Interpretación
Gmm	Conglomerado macizo, matriz soportado	Débilmente gradada	Flujos detríticos plásticos (alta resistencia, viscoso).
Gmg	Conglomerado matriz soportado	Gradación inversa a normal	Flujos detríticos pseudoplásticos (baja resistencia, viscoso).
Gci	Conglomerado clasto soportado	Gradación inversa	Flujos detríticos ricos en clastos (alta resistencia) o flujos detríticos pseudoplásticos (baja resistencia).
Gcm	Conglomerado macizo clasto soportado	---	Flujos detríticos pseudoplásticos (carga de lecho inercial, flujo turbulento).
Gh	Conglomerado clasto soportado, pobremente estratificado	Estratificación horizontal, imbricación	Formas de fondo longitudinales, depósitos de rezago, depósitos de tamiz.
Gt	Conglomerado estratificado	Estratos oblicuos en artesa	Relleno de canales menores.
Gp	Conglomerado estratificado	Estratos oblicuos tabulares planares	Forma de fondo trasversales, crecimientos deltaicos a partir de barras remanentes.
St	Arenisca fina a muy gruesa, Puede ser conglomerádica	Estratos oblicuos en artesa, individuales o agrupados	Dunas 3D de crestas sinuosas y linguoides.
Sr	Arenisca muy fina a gruesa	Laminación oblicua	Ondulitas (bajo régimen de flujo).
Sl	Arenisca muy fina a gruesa, Puede ser conglomerádica	Estratificación oblicua de bajo ángulo (15°)	Corte y relleno, estructuras aborregadas, dunas "washed-out", antidunas.
Sm	Arenisca fina a gruesa	Maciza o pobremente laminada	Depósitos de flujos gravitatorios.

Tabla 2. Clasificación de Elementos Arquitecturales (según Miall, 1996), reportados en la quebrada El Muerto.

Elementos arquitecturales	Símbolo	Asociación de facies	Interpretación
Canales	CH	Todas las facies	Base erosiva cóncava hacia el tope, tope plano o erosionado, forma y talla muy variable, compuesta de superficies de erosión de 3° orden, cóncavo hacia arriba.
Barras arenosas	SB	St, Sp, Sh, Sl, Sr, Se, Ss	Lenticular, tabular o prismático, elementos de relleno de canal, de crevasse splay (abanicos de desembalse).
Barras de gravas	GB	Gm, Gp, Gt	Lenticular o tabular, interestratificados con elementos SB.
Barras de acreción lateral	LA	St, Sp, Sh, Sl, Se, Ss, (Gm), Gt, Gp	Prismático, sigmoidal, contiene superficies de acreción cóncavo-convexo de 3° orden.
Lóbulos gravitacionales	SG	Gmm, Gmg, Gci, Gcm	Lóbulos, base cóncava hacia el tope, clásicamente asociado a los elementos GB
Cuerpos arenosos laminados	LS	Sh, Sl, (Sp, Sr)	Cuerpo arenoso de gran extensión, espesor decimétrico a métrico.

DESCRIPCIÓN DE LAS COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS

Se ha levantado cuatro columnas estratigráficas (Fig. 4), donde la descripción e interpretación sedimentológica está basada en la clasificación de Miall (1996).

La columna 1, tiene un total de 1 m, presenta al comienzo facies conglomerádicas matriz soportada, débil a inversamente gradadas (litofacies Gmm), intercaladas éstas con facies Gh y al tope, conglomerados clasto soportado (paleocorrientes al SSO) estratificados débilmente en capas grano-crecientes; luego una nueva sucesión grano-decreciente de gravas clasto soportadas (orientadas al SSO) estratificadas, e intercaladas con facies conglomerádicas matriz soportadas arenáceas, gradadas normalmente (litofacies Gmm), en sucesiones grano-decrecientes.

La columna 2, de 0.70 m, presenta desde la base al tope, facies conglomerádicas matriz soportada débilmente gradadas grano-crecientes (litofacies Gmm), seguidas de facies gravosas grano-decrecientes y clasto soportado (direccionados al SSO), tratándose de las litofacies Gh y Gci. Esta sucesión finaliza en facies Gmm, matriz soportada, débilmente gradada y estratificada; sobre esto se

tiene una nueva sucesión grano-decreciente de facies clasto soportada e imbricadas al SSO (litofacies Gh), de clastos angulosos; decreciendo en tamaño de clastos hasta llegar a las litofacies Gmm matriz soportadas débilmente gradadas y estratificadas con clastos esporádicos de mayor diámetro (15 cm) hasta el tope de la sección.

La columna 3, tiene un espesor de 2 m. Está dividida en cuatro unidades: Unidad 1: presenta al inicio facies grano-crecientes de arenas poco laminadas a oblicuas (facies Sm y St); Unidad 2: está compuesta de sucesiones grano-decrecientes clasto soportadas (con imbricación al SSO), clastos estratificados con poca matriz a matriz soportados, con megaclastos esporádicos (facies Gci, Gcm y Gmg), al tope de esta sucesión se tiene facies Sm; Unidad 3: se tiene facies arenosas de relleno de canal con laminaciones oblicuas de bajo ángulo (facies Sm y Sl); y Unidad 4: litofacies de clastos soportados (Gh) intercalados con clastos laminados (Gmg) y estratificados matriz soportados (Gp), estos clastos están direccionados al SSO.

La columna 4, tiene un espesor de 3 m. y está dividida en 5 unidades, que consiste de conglomerados intercalados con niveles arenosos. Litológicamente, la columna comprende clastos

volcánicos, cuarcíticos, lutíticos, y las arenas son de granos cuarzosos y volcánicos grises oscuros. La columna presenta desde la base: **Unidad 1:** laminaciones oblicuas y horizontales (facies Sl y Sh); **Unidad 2:** consiste de clastos estratificados en grano-decrecientes (facies Gci) con imbricaciones dirigidas al noroeste (facies Gh y Gmg), terminando en facies Sm y conglomerados en estratos oblicuos (facies Gp); **Unidad 3:** se tiene capas grano-decrecientes de facies conglomerádicas de clastos sub-redondeados (facies Gmg) decreciendo en tamaño de grano hasta areniscas masivas (facies Sm). **Unidad 4:** consiste de intercalaciones de conglomerados clasto soportados imbricados en la base (al OSO y ONO) en gradación normal, continuando con clastos matriz soportados de facies Gcm y Gmg, y algunas capas de conglomerados en laminaciones oblicuas (facies Gt), terminando esta sucesión en arenas con facies Sr con laminaciones oblicuas conteniendo alas de insectos fósiles (Fig. 5), se debe resaltar que en este nivel se hallaron abundantes fragmentos óseos fósiles de aves, murciélagos, zorros, roedores y carnívoros de gran tamaño (Fig. 6); **Unidad 5:** al tope de la sección se tiene facies de arenas poco laminadas (litofacies Sm) y facies de conglomerados clasto soportados imbricados al OSO (facies Gcm), formando esporádicas laminaciones oblicuas (facies Gt).

Interpretación sedimentológica y arquitectural

La Columna 1, comprende facies que corresponden a elementos arquitecturales SG, que son interpretados como lóbulos gravitacionales depositados sobre una base erosiva y cóncava hacia la parte superior, formando parte de depósitos fluviales conglomerádicos. Estos elementos corresponden a la parte proximal del abanico aluvial.

La Columna 2, tiene intercalaciones de flujos detríticos viscosos y flujos ricos en clastos; correspondiendo a los elementos arquitecturales SG, interpretados como lóbulos gravitacionales de base erosiva y cóncava hacia la parte superior, formando parte de depósitos fluviales conglomerádicos.

La columna 3, tiene en la base elementos arquitecturales LA (asociación de facies Sm y St), seguidos de elementos SG (obtenidos de la asociación de facies Gh, Gcm y Gmg); terminando esta sucesión en delgadas intercalaciones de elementos LA y SG. En la parte superior de esta columna se tiene facies correspondientes a elementos arquitecturales SG (con intercalaciones de litofacies Gh, Gmg,

Gh y Gp). Según estas asociaciones de elementos arquitecturales se interpreta que los elementos LA corresponden a barras de acreción lateral en un descenso de energía fluvial, y los elementos SG se interpretan como lóbulos gravitacionales que están rellenando bases erosionadas cóncavas hacia arriba, en transición de energía.

En consecuencia, se tiene elementos de barras arenosas de acreción lateral en un sistema fluvial entrelazado (LA), intercalados en mayor proporción al tope de la sección con elementos arquitecturales SG; mostrando un predominio de eventos aluviales de relleno de flujos de detritos de energía transicionalmente descendiente en canales cóncavos ya erosionados.

La Columna 4, tiene en la base, elementos arquitecturales LA, que consisten de facies arenosas de acreción lateral. Sobre estos se tiene intercalaciones de elementos GB y SG, que consisten en facies de barras conglomerádicas laminadas oblicuas (predominando las litofacies Gp), y facies estratificadas de lóbulos gravitacionales matriz y clasto soportados, a la vez presenta niveles arenáceos (teniendo a las facies Gmm, Gmg y Gci, respectivamente).

Se tiene luego elementos LA, consistiendo de barras arenosas de acreción lateral a manera de barras en un descenso de energía fluvial; seguido de una sucesión grano-decreciente, el cual comprende al elemento arquitectural SG (facies Gcm, Gci, Gt y Gmg) mostrando de nuevo facies estratificadas de lóbulos gravitacionales de matriz clasto soportada en la base, y hacia el tope matriz soportada, terminando en niveles arenáceos (Sr) de elementos LS. A la vez, presentan niveles arenáceos (Sm) y niveles interpretados como elementos LA (depósitos arenáceos a manera de barras de acreción lateral, con pocas laminaciones), estos tienen algunas intermitencias de elementos arquitecturales SG (facies Gcm y Gt).

Esta columna comprende elementos GB, consistiendo de depósitos de gravas de lóbulos gravitacionales clasto y matriz soportados con evidencias de tracción, depósitos de barras tabulares o lenticulares conglomerádicas. Generalmente estos elementos están interestratificados con elementos tipo SB, interpretándose como depósitos fluviales conglomerádicos entrelazados. Los elementos arquitecturales SG son interpretados como cuerpos no canalizados de flujos algo turbulentos, de escombros

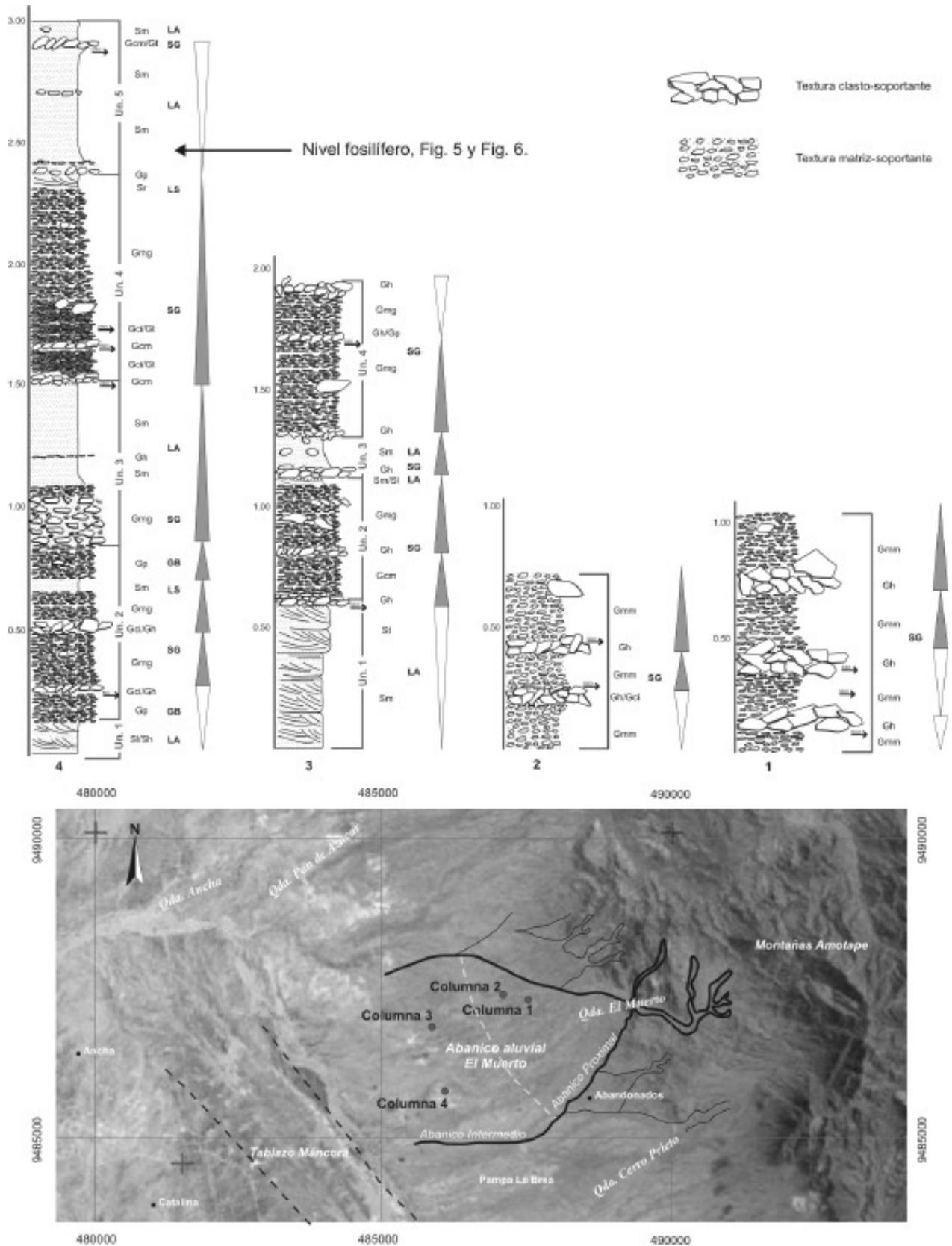


Figura 4. Abanico aluvial El Muerto, mostrando 4 columnas estratigráficas representativas para los sectores estudiados (proximal e intermedio, separado por la línea amarilla). Los triángulos grises y blancos representan la grano-crecencia y decrecencia, respectivamente, de los clastos.

y lodo muy viscoso; proveniente de eventos aluviales con fuerte carga de fondo y energía transicionalmente descendiente en canales cóncavos ya erosionados. Estos elementos están intercalados con facies de barras arenosas de acreción lateral LA en un sistema fluvial entrelazado.



Figura 5. Ala de insecto fósil: *Dysticidae* sp., reportado en la columna 4, cercano al tope de la Unidad 5 (Reporte interno del INGEMMET).

RECONOCIMIENTO DE UNIDADES GEOMORFÓLOGICAS EN EL ABANICO ALUVIAL EL MUERTO

En base a estas características sedimentológicas, se ha interpretado que estos depósitos corresponden a abanicos aluviales. Estos han sido divididos espacialmente en dos sectores (Fig. 2) siguiendo la clasificación de Reading (1986): Abanico Proximal (AP), comprendiendo sistemas de flujos de detritos *Debris flows* y depósitos en tamiz (*Sieve deposits*); y Abanico Intermedio (AI): con flujos en láminas (*Sheet floods*), depósitos de tamiz (en menor proporción) y flujos de arenas (*Sand floods*).

Abanico proximal.- Se describe dos secciones (columnas 1 y 2), que presentan facies de flujos de detritos, asociados a flujos de gravedad de alta viscosidad, con granos angulosos a sub-angulosos, mayormente clasto soportante, con algunas capas de flujos de arena. Estos flujos de detritos están presentes en el sector superior del abanico a manera de lóbulos, debido a que no tiene extensión lateral amplia.

Litológicamente, los clastos corresponden a material volcánico y cuarcítico de 25 cm de diámetro máximo, sugiriendo una pendiente moderada. Próximo al abanico intermedio, se observan depósitos de tamiz, sin evidencia de flujos de arena, habiendo

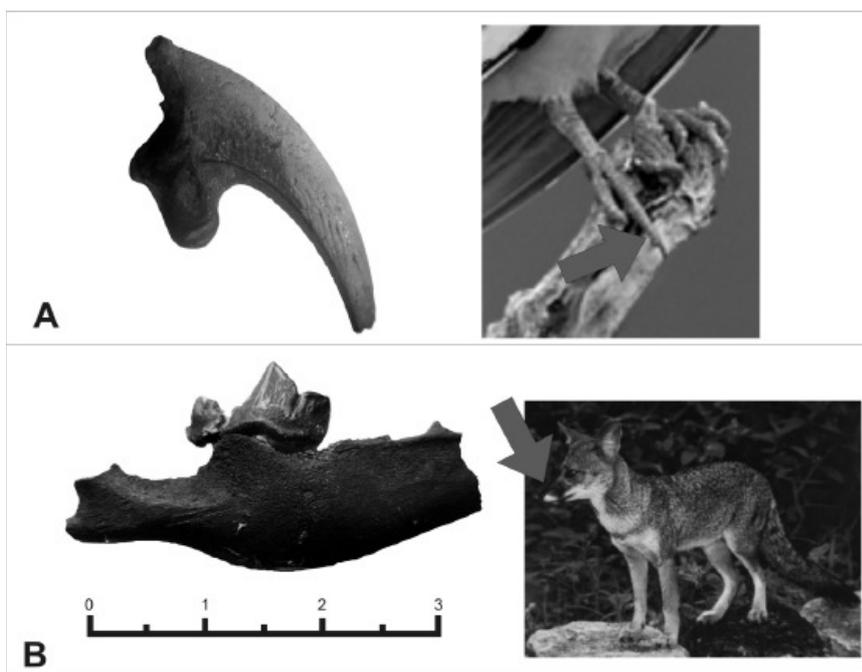


Figura 6. Algunos de los restos fósiles hallados durante la excavación paleontológica en La Brea, Talara, ubicados cercanos al tope de la Unidad 5 de la columna 4. En 4-A: Falange distal de ave; En 4-B: Fragmento de mandíbula de *Lycalopex sechurae* (zorro de Sechura).

sido el agua escasa o filtrada durante su curso llegando a formarse un armazón de clastos.

Abanico intermedio.- Se describe dos columnas estratigráficas (columnas 3 y 4), que presentan una agrupación de niveles de flujos en láminas en gran parte del abanico intermedio, ya que por el contenido de agua que cargaba, logró expandirse lateralmente formando láminas de clastos, a veces imbricados, que evidencian etapas violentas de depositación; teniendo como resultado clastos lenticulares y acanalados. En este sector también se puede observar facies de arenas de grano medio con laminaciones paralelas y oblicuas aparentando acanalamientos.

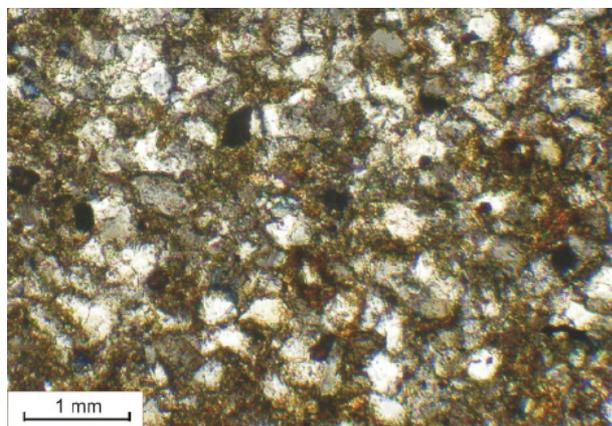


Figura 7. Lámina delgada de un clasto de ortocuarcita, procedente de las unidades litológicas paleozoicas de los cerros Amotape. Muestra tomada en la parte media de la Unidad 2 de la columna 3.

EVOLUCIÓN PALEOAMBIENTAL

Las sucesiones sedimentarias en la quebrada El Muerto son interpretadas como depósitos de abanico aluvial y se depositaron durante el Pleistoceno tardío. Están caracterizadas mayormente por sistemas aluviales y canales fluviales compuestos por clastos que derivan de la erosión de las rocas paleozoicas (Fig. 7), y elementos fluviales entrelazados.

La sucesión y asociación de litofacies en estos depósitos conglomerádicos sugieren abanicos aluviales desarrollados en climas con lluvias de regular intensidad en una llanura húmeda, donde la gran cantidad de clastos angulosos y sub-angulosos (del sector intermedio) indican frecuentes flujos gravitacionales en masa *debris flows*, inmersos en una matriz mayormente arenosa, el cual ayudaba a disminuir la fricción entre los clastos. Igualmente estas sucesiones nos sugieren alternancia con

depósitos fluviales de flujos entrelazados, lóbulos de arenas en zonas de rebalse, indicándonos que estas lluvias eran temporales. La procedencia de los sedimentos es desde el este hacia el suroeste, es decir provienen de los cerros Amotape.

Es frecuente la presencia de ríos y de lagunas en los conos distales de un abanico. En estos ambientes, durante el Pleistoceno tardío (Lemon y Churcher, 1963), se han conservado restos fósiles de aves acuáticas, cocodrilos, murciélagos e insectos dependientes del agua tales como los Dysticidae sp. (Fig. 5), que abundan en Talara (Martínez y Cadenillas, 2004). Paleoambiente que es diferente al señalado por Bosworth (1922) indicando ambientes desérticos con episodios de inundación como la ocurrida por “El Niño” en 1919. En consecuencia, se apoya el paleoambiente sugerido para La Brea, consistiendo en llanuras húmedas sucesivas con evidencias de corrientes aluviales y fluviales periódicas.

POSIBLE RELACIÓN ABANICO ALUVIAL-TECTÓNICA

La región costera peruana forma parte del antearco andino, entre la fosa y la Cordillera Occidental. Durante el Terciario, muchas cuencas sedimentarias se han desarrollado en un basamento de rocas metamórficas pertenecientes al Precámbrico y Paleozoico (Martínez, 1970). La actividad tectónica durante el Terciario superior está caracterizada por esfuerzos tensionales con subsidencia interrumpidas por pulsos cortos compresivos que producen levantamientos en las cuencas (Macharé y Ortlieb, 1993; Pedoja et al., 2006). En el Cuaternario la plataforma continental y la región costera emergida experimentaron una relativamente fuerte y compleja deformación: subsidencia en la plataforma y levantamiento vertical a lo largo de la costa, alcanzando localmente magnitudes de varios cientos de metros (Macharé y Ortlieb, 1993).

La costa norte peruana, entre los 4° y 6° de latitud sur, muestra evidencia de “levantamiento” en bloques, evidenciando actividad tectónica local, como la deformación de los “tablazos” en este sector (Macharé y Ortlieb, 1993).

En la parte distal del abanico aluvial El Muerto, se tiene evidencias de una terraza marina (Qp-tm en Fig. 8) que posiblemente ha sufrido levantamiento tectónico durante ese tiempo. Depósitos descritos como sedimentos paleocénicos (Palacios, 1994). Estos

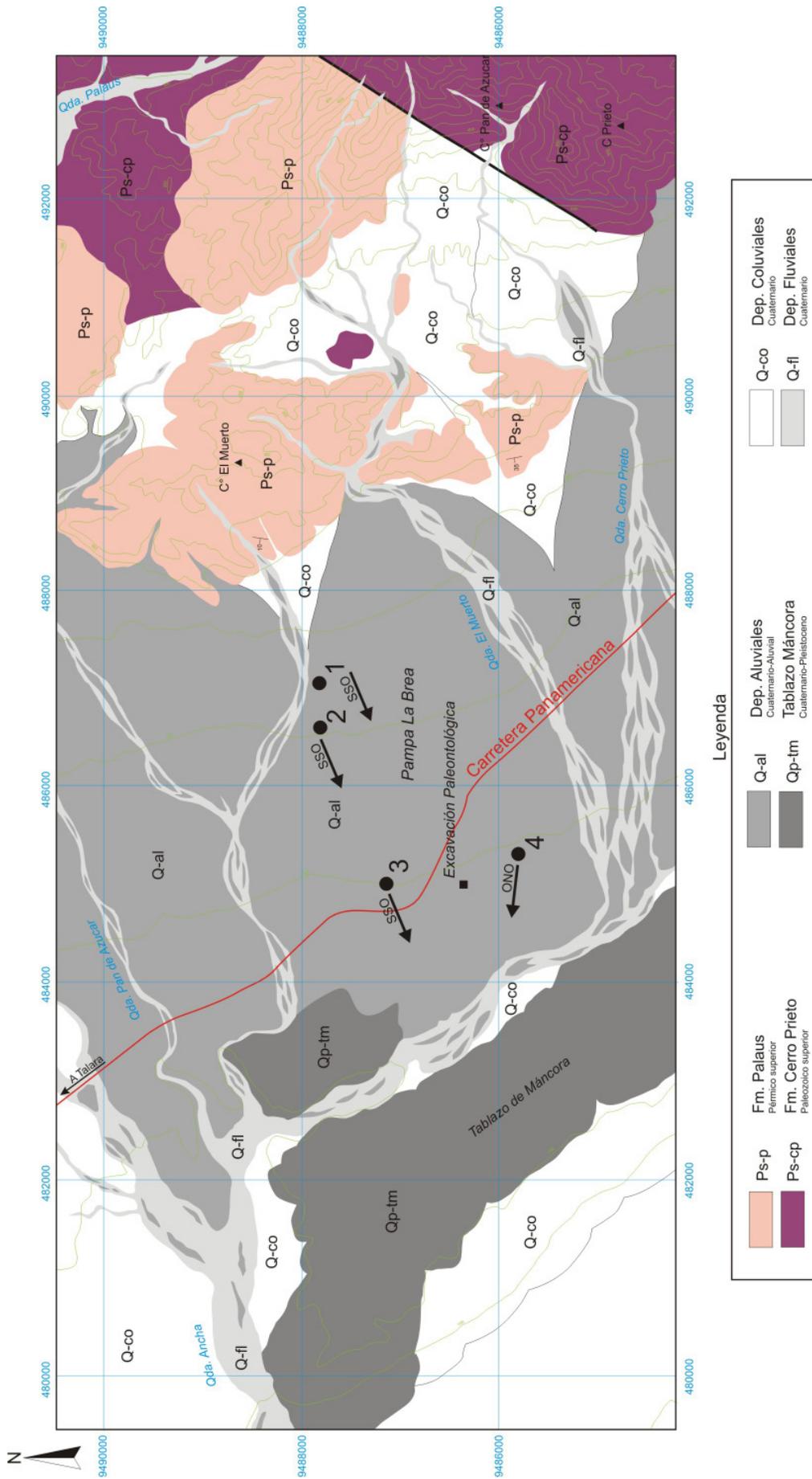


Figura 8. Mapa geológico de la zona de estudios: La Brea, en el sector de la quebrada El Muerto (modificado de Palacios, 1994). Las columnas estratigráficas están enumeradas del 1 al 4. Las flechas negras indican el sentido promedio de las paleocorrientes.

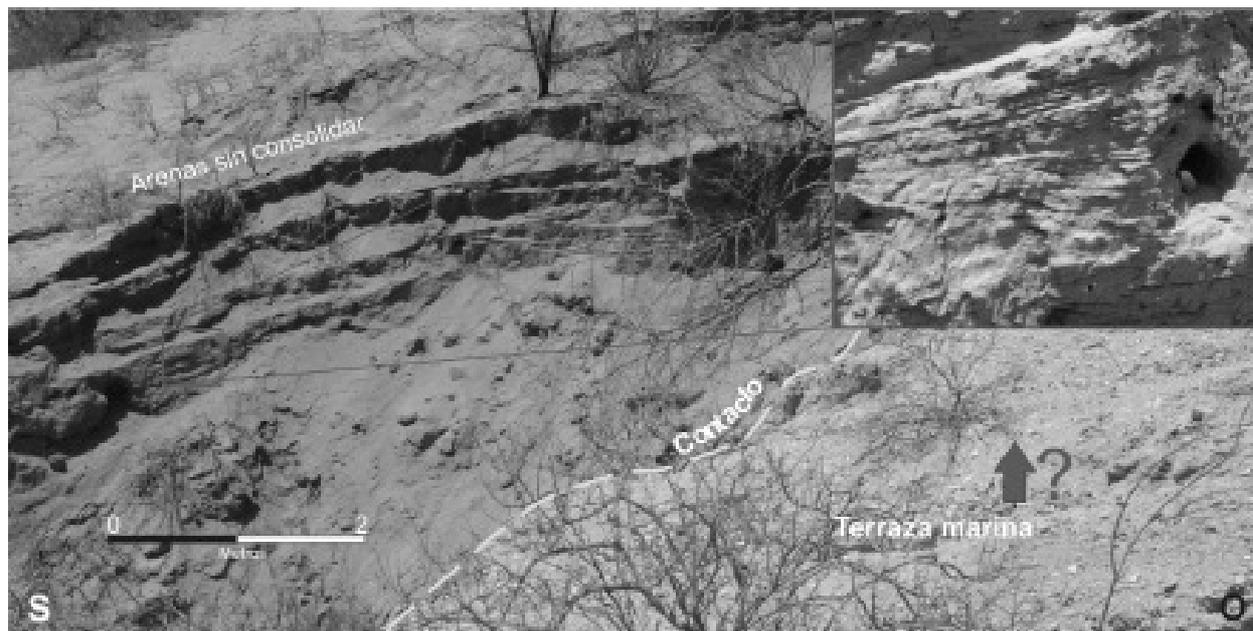


Figura 9. Arenas muy recientes no consolidadas con laminaciones oblicuas (depósitos holocénicos) en contacto con el Tablazo Máncora, ubicados al oeste del yacimiento fosilífero de La Brea.

depósitos consisten de material conglomerádico de clastos cuarzosos redondeados, en matriz limolítica, esta matriz contiene pecelípodos, braquiópodos y cirrípedos fósiles fragmentados. Sobre estos conglomerados se tiene capas de areniscas de grano medio a grueso sub-redondeado con laminaciones oblicuas de ambiente fluvial o hasta lagunar (muy reciente), con un fuerte ángulo de inclinación (Fig. 9). De acuerdo a lo mencionado, estas capas fueron deformadas muy posiblemente por la tectónica reciente.

Otra hipótesis que puede corresponder a este contexto, sería la del asentamiento de los sedimentos del abanico aluvial, los cuales estarían hundidos en relación a la terraza marina, como fenómeno relativo común (R. Marocco, comunicación verbal). Estos factores son motivos para realizar un estudio posterior.

CONCLUSIONES

En el área de Pampa La Brea, han sido encontrados importantes restos fósiles en depósitos gravosos y arenáceos. En la quebrada El Muerto se ha interpretado a las sucesiones conglomerádicas descritas como pertenecientes a un abanico aluvial, depositado durante el Pleistoceno tardío. Estos depósitos están caracterizados por sistemas aluviales

y canales fluviales (Fig. 4) compuestos por clastos que derivan de la erosión de las rocas paleozoicas, tales como lutitas grises verdosas con metamorfismo incipiente, areniscas, limolitas y areniscas cuarzosas grises. Esta composición litológica es compatible con la correspondiente a las formaciones Palaus y Cerro Prieto, en las montañas Amotape. Estos depósitos están limitados al oeste por el Tablazo Máncora (Fig. 8).

Las evidencias sedimentológicas nos sugieren un ambiente húmedo con estructuras sedimentarias que indican frecuentes flujos gravitacionales en masa (debris flow), en intermitencia con depósitos fluviales proximales entrelazados (en conjunto formando depósitos fluvio-aluviales), sugiriendo lluvias frecuentes en climas húmedos. Dentro de estas sucesiones de flujos en masa, se encontraron abundantes restos fósiles de animales pleistocénicos de ambientes húmedos, que fueron atrapados naturalmente por las emanaciones de brea, apoyando la interpretación paleoambiental propuesta.

Para determinar las paleocorrientes en los depósitos aluviales, se midieron indicadores de corrientes dentro de los flujos tales como imbricaciones, laminaciones oblicuas y canales, indicando que la orientación de las corrientes son variables, con tendencia hacia el SSO.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a la Dirección de Geología Regional del INGEMMET por facilitar el desarrollo del presente trabajo, estudio enmarcado en el proyecto de investigación GR11:

Evolución de los ecosistemas continentales del Norte de Perú durante el Plio-Pleistoceno, y al Dr. Victor Benavides por sus acertados comentarios que permitieron mejorar el manuscrito.

REFERENCIAS

Arche, A. (1989). Sedimentología, Volumen I. Concejo Superior de Investigaciones Científicas; 541 p.

Bosworth, T. (1922). Geology of the Tertiary and Quaternary periods in the northwest part of Peru. MacMillan and Company, London.

Bryan, A. (1973). Paleoenvironments and cultural diversity in the late Pleistocene in South America. Quaternary Research N° 3; p. 237-256.

Cadenillas, R. & Martínez, J.N. (2006). Cuatro especies de murciélagos (Mammalia, Chiroptera) registradas en el Pleistoceno superior de La Brea (Provincia de Talara, Departamento de Piura). XIII Congreso Peruano de Geología; p. 599-602.

Campbell Jr., K. (1979). The non-passerine Pleistocene avifauna of the Talara tar seeps, Northwestern Peru. Royal Ontario Museum, Toronto, Life Science Contributions, Vol. 18; p. 1-203.

Campbell, K. (1982). Late Pleistocene events along the coastal plain of Northwestern South America. En Ghilleen T. Prance (ed.), Biological diversification in the tropics, Columbia University Press, New York; p. 423-440.

Czaplewski, N. (1990). Late Pleistocene (Lujanian) occurrence of *Tonatia silvicola* in the Talara tar seeps, Peru. An. Acad. Bras. Ciênc., N° 62; p. 235-238.

Churcher, C. (1959). Fossil *Canis* from the tar pits of La Brea, Peru. Science, Vol. 130; p. 564-565.

Churcher, C. (1962). *Odocoileus salinae* and *Mazama* sp. from the Talara tar seeps, Peru. Royal Ontario Museum, Toronto, Life Science Contributions, N° 57; p. 1-27.

Churcher, C. (1965). Camelid material of the genus *Palaeolama* Gervais from the Talara tar-seeps, Peru, with a description of a new subgenus, *Astylolama*. Proceedings of the Zoological Society (London), N° 145; p. 161-205.

Churcher, C. (1966). The insect fauna from the Talara tar seeps, Peru. Canadian Journal of Zoology, N° 44; p. 985-993.

Churcher, C. & Van Zyll de Jong, C. (1965). *Conepatus talarae* n. sp. from the Talara tar seeps, Peru. Royal Ontario Museum, Toronto, Life Science Contributions, Vol. 62; p. 1-15.

Cruzado, J. & Kuang, J. (1985). Revisión geológica del Paleozoico en el área típica de los cerros Amotape. Informe Técnico de Petroperú.

Lemon, R. & Churcher, C. (1961). Pleistocene geology and paleontology of the Talara region, Northwest Peru. American Journal of Science, Vol. 259; p. 410-429.

Macharé, J. & Ortlieb, L. (1993). Coastal neotectonics in Peru: Subduction regime and Quaternary vertical motions. Second ISAG, Oxford (UK), N° 9; p. 21-23.

Marshall, L., Berta, A., Hoffstetter, R., Pascual, R., Reig, O., Bombin, M. & Mones, A. (1984). Mammals and stratigraphy: Geochronology of the continental mammal-bearing Quaternary of South America. Palaeovertebrata Mem. Extraord.; 76 p.

Martínez, J.N. & Cadenillas, R. (2004). Paleambiente de la región Talara, La Brea (Piura, Perú) hacia el fin del Pleistoceno: Datos sugeridos por las paleocomunidades de mamíferos. XII Congreso Peruano de Geología; p. 481-484.

Martínez, M. (1970). Geología del Basamento Paleozoico en las montañas de Amotape y posible origen del petróleo en rocas paleozoicas del noroeste del Perú. Primer Congreso Latinoamericano de Geología, Tomo 2; p. 105-138.

Miall, A. (1978). Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits: a summary. Fluvial Sedimentology. Soc. Petrol. Geol. Mem. N° 5; p. 597-604.

Miall, A. (1996). The Geology of Fluvial Deposits; 565 p.

Nauss, W. (1944). A Reconnaissance Geological Survey of the La Brea Mountain Front. Reporte Interno Petroperú. N° 121-2.

Newell, N., Chronic, J. & Roberts, T. (1949) Upper Paleozoic of Peru. Univ. Serv. Bureau Col. Univ.; p. 1-126.

Palacios, O. (1994). Geología de los cuadrángulos de Paita, Piura, Talara, Sullana, Lobitos, Quebrada Seca, Zorritos, Tumbes y Zarumilla. Boletín N° 54, Serie A, INGEMMET.

Palacios, O., Rober, S., Sanchez, J., Pilatasig, J. & Gordon D. (2004).- Entidad paleozoica en la faja Amotape-Tahuín y cordilleras: Occidental (Perú) – Real (Ecuador). XII Congreso Peruano de Geología; p. 237-240.

Pedoja, K., Ortlieb, L., Dumont, J., Lamothe, M., Ghaleb, B., Auclair, M. & Labrousse, B. (2006). Quaternary coastal uplift along the Talara Arc (Ecuador, Northern Peru) from new marine terrace data. *Marine Geology*, Vol. 228; p. 73-91.

Reading, H. (1996). *Sedimentary environments: Processes, Facies and Stratigraphy*. Blackwell Scientific Publications; 688 p.

Thomas, H. (1928). An Upper Carboniferous Fauna From the Amotape mountains, North-Western Peru. *Geologic Magazine (Journal of Geology)*, Vol. 65; p. 146-152.