

Recibido: 25 / 11 / 2007, aceptado en versión final: 19 / 12 / 2007

Geología de Ocucaje: aportes en la sedimentología y paleontología de Lomas de Ullujaya (Ica, Perú)

Geology of Ocucaje: contributions in sedimentology and paleontology of Lomas de Ullujaya (Ica, Peru)

Aldo Alván De la Cruz*

RESUMEN

En los depósitos terciarios de la cuenca Pisco, se estudiaron columnas estratigráficas procedentes de la localidad de Lomas de Ullujaya, Ocucaje, distinguiéndose afloramientos que corresponden a unidades litoestratigráficas dentro del rango Mioceno Inferior a Medio; reportándose elementos sedimentarios y paleontológicos, tales como dientes de seláceos y pelecípodos, que en conjunto mediante el análisis de las secciones estratigráficas se interpreta los procesos sedimentarios, como registros de intervalos regresivos dentro de secuencias correspondientes a una gran transgresión marina, y allí es donde se reportan especies de tiburones fósiles, tales como *Isurus hastalis*, *Isurus desori*, *Galeocerdo aduncus* y *Hemipristis serra*, asumiendo ambientes de transición infralitoral a circalitoral, y respecto a la geocronología, son atribuibles a capas del Mioceno Inferior a Medio.

Palabras clave: Sedimentología, regresión, paleontología, seláceos, lomas de Ullujaya, Pisco.

ABSTRACT

In tertiary deposits in Pisco basin, stratigraphical sections from the localities of Lomas de Ullujaya, Ocucaje have been studied, there being distinguished outcrops that fit to lithostratigraphical units in the rate lower to middle Miocene; sedimentary and paleontological elements are being reported such as selachian teeth and pelecypods, that as a whole by means of the analysis of the stratigraphical sections interprets the sedimentary processes as records of regressive intervals inside sequences corresponding to a great marine transgression, and there it is where there are reports on species of such fossil sharks as *Isurus hastalis*, *Isurus desori*, *Galeocerdo aduncus* and *Hemipristis serra* assuming environments of transition infralitoral to circalitoral, and with regard to the geochronology, they are attributable to lower – middle Miocene beds.

Keywords: Sedimentology, Regression, Paleontology, Selachian, Lomas de Ullujaya, Pisco.

I. INTRODUCCIÓN

Se tenía hace cerca de 20 millones de años en las costas peruanas una geoforma similar a la que corresponde actualmente (Marocco & Muizon, 1988), la cual consistía en ambientes de embahiamiento que contenían gran cantidad de fósiles vertebrados e invertebrados; en la parte meridional de Perú se tiene una gran superposición de unidades litoestratigráficas terciarias, que consisten en estratos del Eoceno medio hasta el Plioceno superior, de origen marino

vulcano-sedimentarios y bioclásticos; estos afloran desde las localidades de Pisco (Ica) hasta Yauca (Arequipa) a lo largo de unos 350 km (DeVries, 1998) que corresponden a la cuenca Pisco, aquí se reporta una gran transgresión marina (DeVries & Schrader, 1997; Macharé *et al.*, 1986). En el presente estudio mediante columnas estratigráficas levantadas en las Lomas de Ullujaya, se realiza un análisis sedimentológico y paleoambiental para las formaciones Chilcatay y Pisco, registrándose en sus capas etapas de regresión

* Egresado de la Escuela Académico Profesional Ingeniería Geológica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
E-mail: aldo_alvan@yahoo.es

marina, y niveles fosilíferos que contienen dientes de tiburones fósiles, característicos de mencionados intervalos de tiempo, y también estratos con presencia de fósiles invertebrados; planteando así una discusión entre la relación de las evidencias sedimentológicas y paleontológicas vinculadas a eventos de regresión marina en la cuenca Pisco.

II. UBICACIÓN

Los afloramientos en estudio están ubicados en las Lomas de Ullujaya (cuadrángulo de Lomitas 30-1), provincia de Ocucaje, departamento de Ica, en la parte meridional de Perú, donde se tiene capas terciarias de las formaciones Chilcatay y Pisco del Mioceno inferior a medio, la zona de trabajo está comprendida entre las coordenadas 428000 a 438000 y 8395000 a 8385000 UTM; levantándose columnas estratigráficas en los cerros La Bruja, Buque y Sichuita (figura N.º 1) accesibles mediante la pista de desvío a las pampa de Ullujaya.

III. ANTECEDENTES

Los depósitos terciarios de la cuenca Pisco fueron reportados por primera vez por Lissón (1894) y Steinmann (1904), seguido por una serie de investigadores dedicados a estudiar la paleoflora y fauna en el contexto estratigráfico; tales como Olsson (1946) quien realizó un estudio geológico preliminar en los depósitos terciarios, mencionando microfósiles y gasterópodos, tiempo después Petersen (1954), concretó

la estratigrafía de la zona, seguido por Newell (1956) y Ruegg (1956); Dávila (1979) generó el primer mapa geológico publicado por INGEMMET, seguido de Caldas (1980), hasta los estudios de Macharé (1987) quien elaboró la primera columna estratigráfica y estudio estructural en la cuenca Pisco reportando además a la Formación Caballas del Oligoceno superior al Mioceno inferior en las pampas de Chilcatay, seguido de Marocco & Muizon (1988), quienes describen la geodinámica de relleno de la cuenca pisco y etapas transgresivas; DeVries (1998), reportó la bioestratigrafía de la zona basándose en moluscos; Vicente *et al.*, (2000) describe eventos de extensión en la cuenca y León & Aleman (2002) presentan un modelo estratigráfico para estas localidades.

IV. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

El borde occidental del continente sudamericano corresponde a la zona de subducción de la placa de Nazca por debajo de la continental sudamericana, es en este contexto que se emplaza el Batolito de la Costa durante el Cretácico Superior a Terciario Inferior (Jenks, 1948); teniendo influencia en el posicionamiento de los límites orientales de las cuencas antearco durante el Terciario, y siendo la principal fuente de sedimentos. La cuenca de antearco Pisco (Marocco & Muizon, 1988) representa un estilo estructural predominantemente distensivo asociados a fallas "Strike Slip" dando lugar al estilo tectónico transtensivo, tratándose de una cuenca tectónica del tipo "Pull Apart" (Alarcón *et al.*, 2005), motivo por

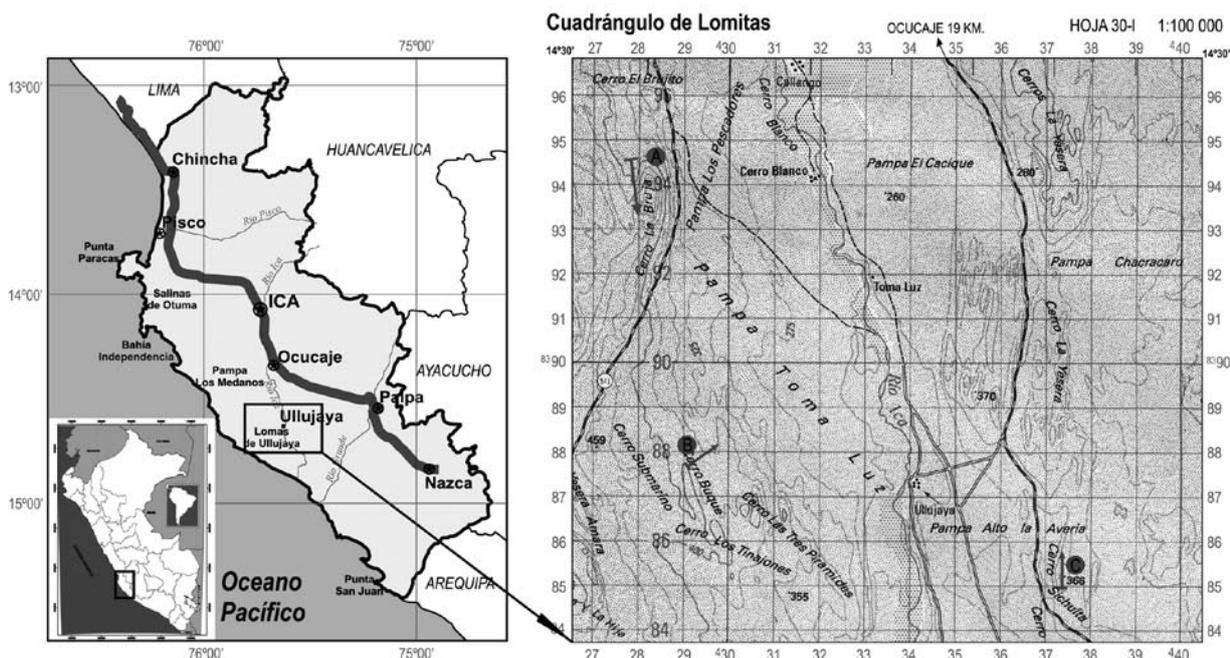


Figura N.º 1. Mapa de ubicación y accesibilidad a la zona de estudios, los círculos y flechas rojas (derecha) indican la localización y dirección del levantamiento de las columnas estratigráficas. A: cerro La Bruja, B: cerro Buque y C: cerro Sichuita.

Era	Periodo	Epoca	Macharé (1987)	Dumbar <i>et al.</i> (1988)	Dávila (1989)	Dumbar <i>et al.</i> (1990)	DeVries (1998)	León & Aleman (2002)		
Cenozoico	Neógeno	Pleistoceno	Fm. Cañete		Fm. Cañete			Fm. Cañete		
		Plioceno	Sup. Inf.	Fm. Pisco	Fm. Pisco	Fm. Changuillo	Fm. Pisco	Fm. Pisco	Fm. Changuillo	
			Sup.			Fm. Terrestrial			Sup.	
		Mioceno	Sup.	Fm. Caballas	Fm. Caballas	Fm. Coyungo	Fm. Chilcatay	Fm. Chilcatay	Fm. Chilcatay	Sup.
			Med.			Fm. Las Brujas				Inf.
		Oligoceno	Sup.	Fm. Paracas	Fm. Yumaque	Fm. Chilcatay	Fm. Chilcatay	Fm. Chilcatay	Fm. Chilcatay	Fm. Chilcatay
	Inf.									
	Paleógeno	Eoceno	Sup.	Fm. Paracas	Fm. Paracas	Fm. Yumaque	Fm. Caballas	Fm. Caballas	Fm. Yumaque	
			Med.			Fm. Los Choros				Fm. Los Choros
		Paleoceno	Med.	Fm. Caballas	Fm. Caballas	Fm. Caballas	Fm. Caballas	Fm. Caballas	Fm. Caballas	Fm. Caballas
			Inf.							

Figura N.º 2. Cuadro de comparación de trabajos estratigráficos en la cuenca Pisco, tomado de León & Aleman, 2002.

el cual se produce subsidencia y consiguiente relleno detrítico en la cuenca. La geología de la cuenca de antearco de Pisco se caracteriza por la predominancia de rocas precámbricas y de batolitos paleozoicos, recubiertos de sedimentos cenozoicos.

La evolución tectónica de esta cuenca ha tenido una serie de fases extensivas que empezaron en el Eoceno Medio y continuó hasta inicios del Plioceno. El relleno cenozoico de la cuenca Pisco reposa en discordancia sobre el sustrato Precámbrico, Paleozoico y Jurásico, y está mapeado desde la localidad de Pisco hasta Yauca, que tiene una extensión de más de 300 km, y consta de 3 secuencias estrato-grano-crecientes transgresivas según Marocco & Muizon (1988), tratándose de las formaciones Paracas, Caballas y Pisco, desde el Eoceno Medio al Plioceno, que contiene significativas etapas discordantes (Macharé, 1988); DeVries (1988, 2001) reporta una cuarta secuencia que limita a las formaciones Chilcatay y Pisco.

Existe una problemática significativa en el establecimiento de la estratigrafía del Cenozoico de esta cuenca (Figura 2) debido a la complejidad estructural (ver Macharé, 1987; Dumbar *et al.*, 1988, 1990; León & Alemán, 2002; entre otros).

La primera secuencia corresponde al Eoceno, está representada por el grupo Paracas (formación Los Choros y Yumaque) afectada por un sistema de fallas

normales sinsedimentarias. Las series eocénicas de la formación Los Choros son constituidas por conglomerados y de arenas bioturbadas de ambiente marino litoral. La formación Yumaque es bastante fina y se caracteriza por la alternancia de lutitas biogénicas y de tobas, interpretados como una subsidencia uniforme (León & Alemán, 2002); este grupo sobreyace a la formación Caballas (Dávila, 1989; Dumbar *et al.*, 1990; DeVries, 1998). La formación Otuma (del Oligoceno Inferior) constituye la segunda secuencia; ésta ha sido definida y datada por DeVries (1998) a partir de fauna de moluscos fósiles, que consiste en arenas bioclásticas de sedimentación costera, que yacen en discordancia sobre los sedimentos del Eoceno del grupo Paracas. La base de la formación Otuma es erosiva y presenta clastos de rocas ígneas redondeadas, poniendo en evidencia la erosión de relieves precámbricos (DeVries, 1998).

La tercera secuencia corresponde a un episodio de extensión, representado por la formación Chilcatay (Mioceno Inf.) definida por DeVries (1988) y Dumbar (1990); describiendo afloramientos del Oligoceno terminal al Mioceno temprano de areniscas fosilíferas bioturbadas a veces conglomerádicas y limolitas intercaladas con diatomitas. La formación Chilcatay presenta un apilamiento grano-decreciente y su medio ambiente de sedimentación es marino costero (DeVries, 1988); yace sobre la formación Yumaque.

La formación Pisco (Mioceno Mediano-Plioceno) corresponde a la última gran secuencia de sedimentación. La litología corresponde esencialmente a diatomitas con algunas intercalaciones de gravas tobáceas y de lutitas, siendo su ambiente de deposición marino costero. Esta formación encierra al Sur de la cuenca un importante yacimiento fosilífero de ballenas y tiburones fósiles (Lissón, 1898; Larson, 1990; Muizon, 1981; Muizon & DeVries, 1985; Brand *et al.*, 2004; entre otros) y fósiles invertebrados (DeVries, 2002; DeVries & Schrader, 1997; entre otros). Las capas de la formación Pisco han sido interpretadas como resultado de una trasgresión marina bastante extendida (Muizon & Bellon, 1980; Sebrier, 1982). El levantamiento de los Andes en los últimos tiempos hace que los depósitos aluviales de la formación Changuillo y Cañete (Plioceno-Pleistoceno) se levanten formando múltiples terrazas fluviales, dando como resultado la geomorfología actual.

V. DESCRIPCIÓN DE LOS AFLORAMIENTOS

Sección cerro Buque

En Lomas de Ullujaya, se ha medido una secuencia sedimentaria (figura x) constituida en la base por una serie vulcano-sedimentaria carbonatada que comprende 3 secuencias de base a techo: (1) 10 m de alternancia de tobas en capas gruesas y areniscas con presencia de *Carcharhinus* cf. *C. brachiurus* en

las tobas, y *Carcharocles chubutensis* e *Isurus* sp en las limolitas; (2) 6 m de calcarenita bioclástica con fragmentos de pelecípodos interestratificado con limolitas; y (3) 4 m de tobas intercaladas con limolitas diatomáceas y areniscas con presencia de *Carcharocles megalodon* (figura 5A) e *Isurus desori* (figura 5B). Las relaciones con las unidades estratigráficas sub y sobreyacentes no se observaron; sin embargo, se puede asignar este conjunto a secuencias de la formación Chilcatay y parte de la formación Pisco (figura 4) de edad Mioceno Inferior (DeVries, com. verb.). La sección tiene un espesor de 22 m y los dientes de seláceos se encuentran asociados a fauna de pelecípodos (*Chione* sp), cirrípedos (*Balanus* sp.) además de diatomeas (*Paralia sulcata*) presente en las limolitas diatomáceas.

Sección cerro Sichuita

Se ha representado mediante una sección estratigráfica (figura 3) litologías correspondientes también a secuencias volcánico-sedimentarias y carbonatadas, teniendo: (1) 8 m de tobas desde la base, que luego se intercalan con limolitas y capas de yeso, donde se encontró *Isurus hastalis* (Figura 5D) en las tobas; (2) 1.5 m de alternancia de limolitas con calcarenitas con presencia de bivalvos e icnofósiles al terminar esta capa, seguida de 12 m de gruesas capas de tobas con algunos estratos de limonita y arenisca fina; y (3) 7 m de tobas y limolitas, donde este comienza

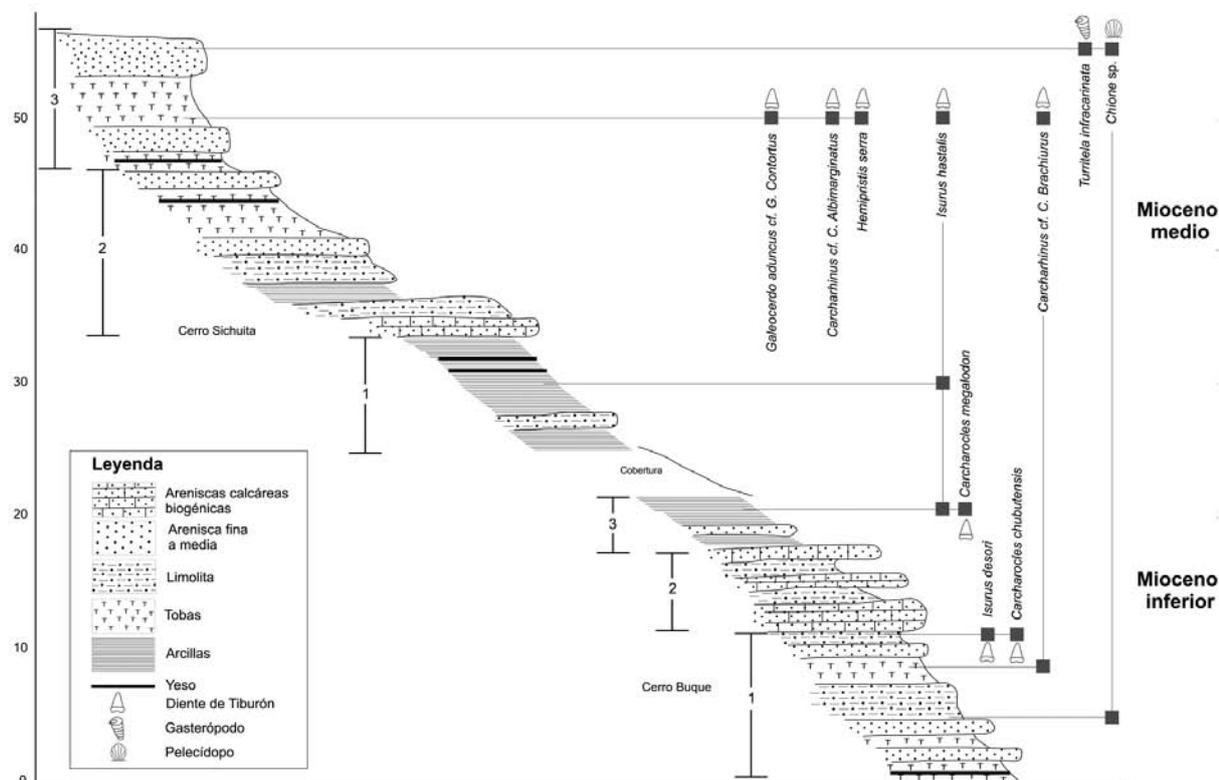


Figura N.º 3. Columnas estratigráficas levantadas en el cerro Buque (base) y el cerro Sichuita (tope) en Ocucaje.



Figura x.- Afloramientos del cerro Buque, la línea roja muestra el notorio cambio litológico entre las tobas areniscosas y las calcarenitas biogénicas.

a ser más frecuente al tope, donde se encontró *Carcharocles* cf. *C. brachiurus*, *Galeocerdo aduncus* cf. *G. contortus*, *Isurus hastalis* (figura 5E), *Carcharhinus* cf. *C. Albimarginatus* (figura 5C) y *Hemipristis serra*, en las limolitas, esta sección tiene un espesor de 27 m y los dientes de tiburón están asociados a fauna de gasterópodos (*Turritella infracarinata*) y bivalvos (*Chione* sp). La base y el tope de esta unidad litoestratigráfica no se observaron, pero se les puede asignar una edad Mioceno Medio correspondiente a la formación Pisco.

Sección cerro La Bruja

Se tiene medida una sección estratigráfica constituida por una secuencia vulcano-sedimentaria desde la base hasta el tope, que consiste en (1) capas de tobas masivas intercaladas con delgados niveles de arenisca media, al tope se tiene nódulos de areniscas con laminaciones oblicuas y conglomerados con clastos volcánicos sugiriendo niveles erosivos, esta secuencia termina con un nivel de hardground, con microconglomerados en paleocanales, aquí se reportan fósiles de ballenas y braquiópodos; seguido de (2) intercalaciones de tobas con areniscas de grano medio amarillentas, algunas verdosas, se va haciendo más tobáceo al tope terminando en laminaciones oblicuas y niveles erosivos; en (3) se reporta areniscas de grano medio con nódulos de fosfato y laminaciones oblicuas, unas de ellas son marrones y verdosas, con hardground y bivalvos, intercalados con tobas grisáceas con niveles de yeso, al tope son más masivos y gruesos con laminaciones finas y termina con un nivel hardground areniscoso rojo y negro; (4) comienza una ritmicidad de tobas grisáceas, con lentes de arenisca y nódulos de fosfatos en la base, que acaban en laminaciones paralelas y niveles de areniscas de grano medio rojizo y muy endurecido, con nódulos de fosfato, al tope de la secuencia se tiene tobas masivas con laminaciones finas con bivalvos y un nivel de areniscas pardas de grano medio a grueso

con paleocanales; le sigue a esto (5) abundancia de capas de tobas areniscosas en secuencias repetitivas con delgados niveles de areniscas medias, en la segunda mitad de la secuencia se tiene lentes de arenisca muy grandes junto a laminaciones oblicuas de regular tamaño y finos niveles de cenizas blancas muy finas con niveles areniscosos erosivos hardground rojizo y muy endurecido con bivalvos, la secuencia (6) consta de gruesas capas de tobas blancas grisáceas masivas al tope, y de la mitad al tope se tiene intercalaciones de niveles delgados de areniscas y finas láminas de cenizas blancas, esta secuencia termina con una fuerte superficie rojiza de erosión hardground granocreciente con nódulos de fosfato, y como última secuencia (7) se tiene a la base una gruesa capa de tobas areniscosas masivas seguido de intercalaciones rítmicas de tobas con laminaciones paralelas y capas delgadas de areniscas de grano medio, estas capas son duras, rojizas y contienen nódulos de fosfatos.

VI. REGISTRO PALEONTOLÓGICO

En las secciones de los cerros Buque y Sichuita se colectó fauna de seláceos, la morfología de las piezas dentarias permitió su determinación y establecer precisiones geocronológicas a las escalas de tiempo definidas en la zona, las formas encontradas, tales como *Isurus hastalis*, *Isurus desori* y *Galeocerdo aduncus*, y *Hemipristis serra*, corresponden a formas del Mioceno Inferior a Medio. La amplia distribución geográfica de los condriictios permite su comparación estratigráfica con especies determinadas en otras latitudes, como es el caso de las especies de la formación Pungo River (Mioceno Inferior) en Carolina del Norte (EE. UU.), en el cual en sus capas se encontró *Isurus hastalis* y *Hemipristis serra*; indicando el mismo tiempo, lo que permite obtener buena información para estudios paleobiológicos y análisis taxonómicos (Applegate *et al.*, 1996), motivos para un estudio posterior.

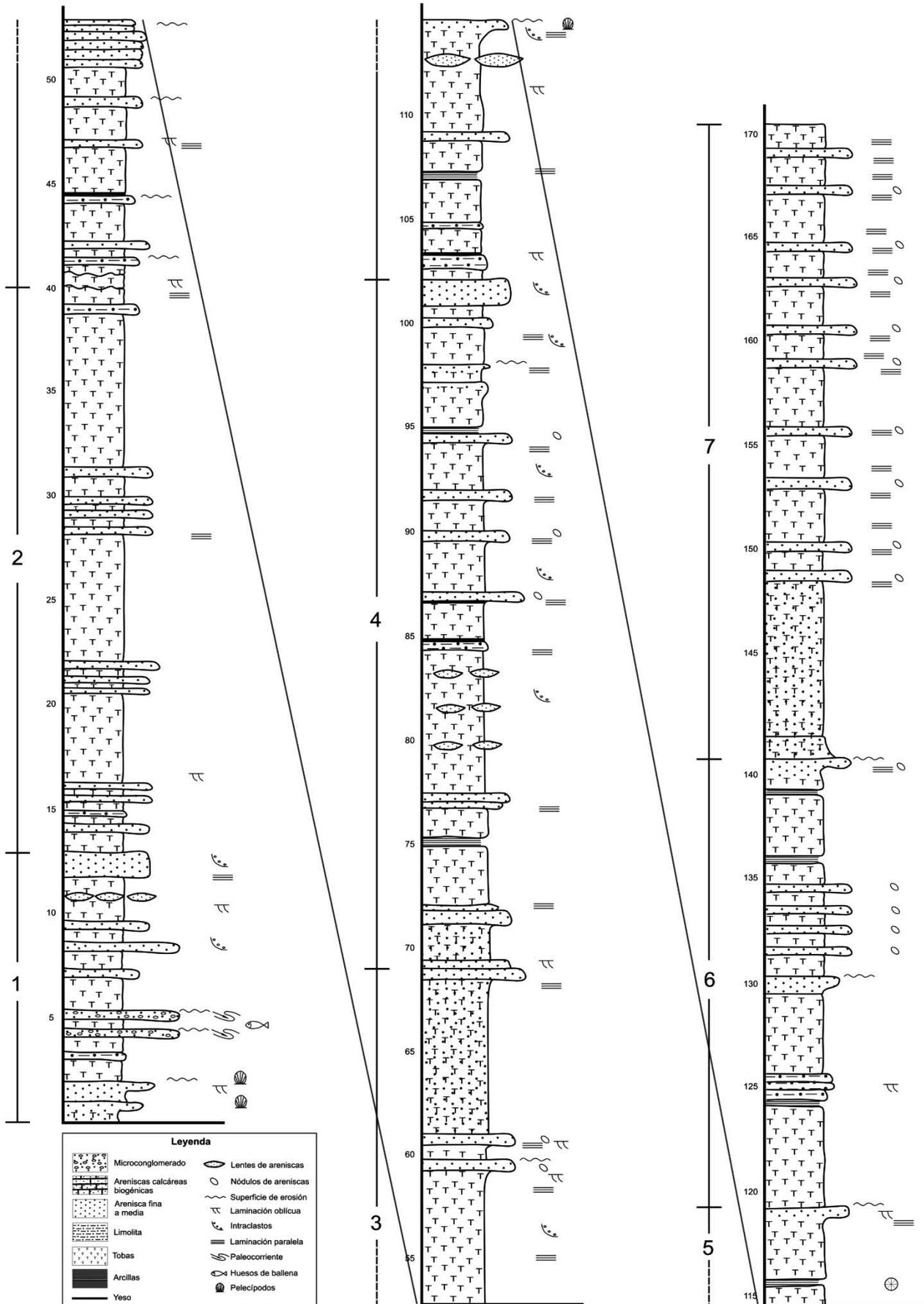


Figura N.º 5. Columna estratigráfica levantada en el cerro La Bruja.



Figura N.º 6 A: Diente inferior latero-posterior de *Carcharocles megalodo*; B: Diente inferior de *Isurus desor*; C: *Carcharhinus* aff *C. albimarginatus*; D: Primer diente superior anterior de *Isurus hastalis*; E: Diente anterior inferior de *Isurus hastalis*; F: *Carcharocles chubutensis*.

VII. CONCLUSIONES

El afloramiento del cerro Buque presenta un marcado cambio litológico (Figura x) presentando en la base limolitas y tobas areniscosas masivas que contienen dientes de tiburones fósiles, que en conjunto indican el Mioceno Inferior, sobre estos se tiene un marcado cambio litológico que consiste en calcarenitas biogénicas con algunos cirripedos, intercalado con niveles de microconglomerados, que evidencian ambientes de aguas marinas muy someras con etapas de ferruginización, pudiéndose tratar de emersión diacrónica, estas capas se encuentran de modo repetitivo hasta el tope de esta sección que contienen tiburones fósiles que indican el Mioceno Medio, según esta información, se mantiene un espacio de tiempo significativo entre estos 2 niveles fosilíferos (figura 3), pudiendo tratarse de niveles erosionados.

En el cerro La bruja se tiene abundantes intercalaciones de niveles erosivos llenos de ferruginización, sugiriendo retiro de las aguas marinas, siendo zonas

positivas dando paso a la erosión, siendo sepultados luego por una depositación sustancial de tobas se hacen presentes las capas de arenisca media exhibiendo en sus topes ferruginización.

En el cerro La Bruja se tiene secuencias grano-creciente y estrato-decrecientes de niveles tobáceos que terminan, principalmente, en la primera mitad de la columna en delgadas capas de areniscas endurecidas tipo hardground rojizas al techo, con algunos paleocanales con microclastos de rocas volcánicas, estas evidencias nos indican superficies erosivas consecutivas y repetitivas, los lentes de areniscas nos indican proximidad a la línea de costa, las gruesas capas de tobas nos indican emanaciones volcánicas bastante seguidas y constantes, ya que se presentan abundantes niveles gruesos de tobas.

Durante esta rápida sedimentación se tiene evidencias de emersión de estas capas, pudiendo ser interpretado con descensos del nivel del mar.

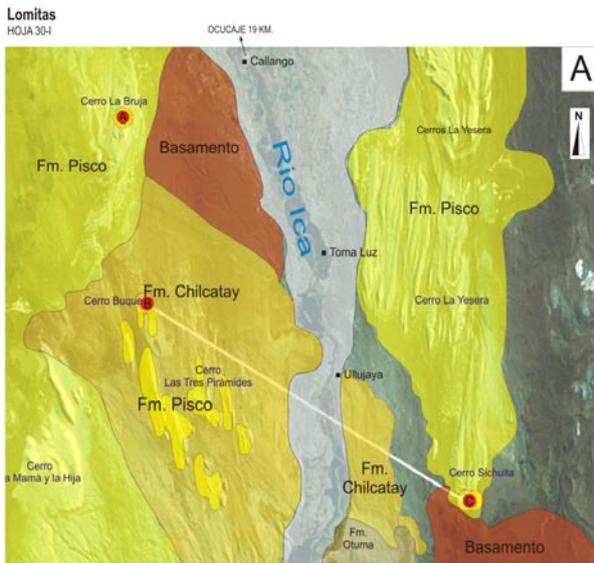


Fig. N.º 7: Mapa geológico de Lomas de Ullujaya; A: geología de Ocucaje mostrando las formaciones Pisco, Chilcatay y Otuma; B: perfil estructural referencial de las formaciones mencionadas, según la geología de la zona. (DeVries, 2006).



Nódulos de Fosfato.

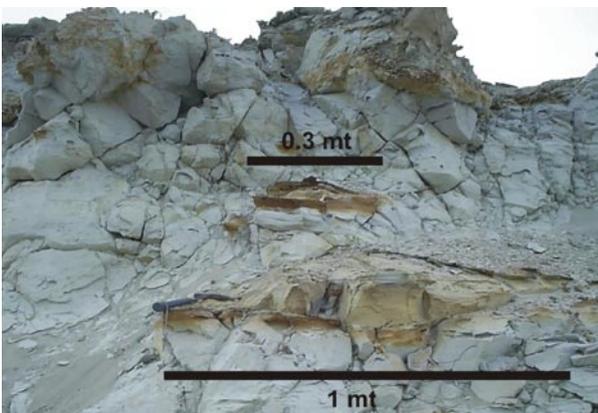
La línea roja marca el inicio de las areniscas calcáreas bioclásticas que sobreyacen a las tobas, donde es notorio los niveles de nódulos del mismo material bioclástico.



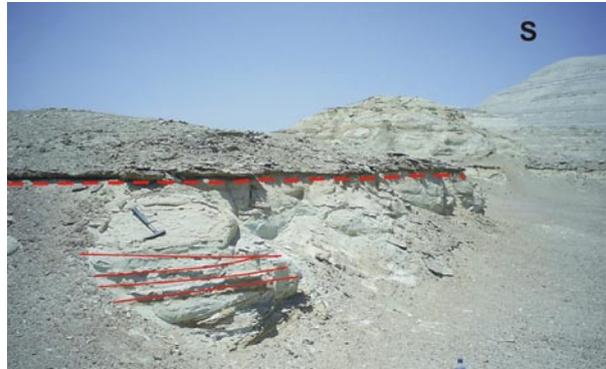
Estratificaciones sesgadas en la base del Cerro La Bruja, nótese la presencia de los nódulos de fosfato.



Capas endurecidas conteniendo gran cantidad de bivalvos fósiles muy intemperizados, en areniscas intercaladas con limolitas.



Lentes de arenisca de grano fino entre las capas de tobas.



VIII. AGRADECIMIENTOS

Agradezco a José Apolín por la determinación de las muestras de tiburones fósiles, a Thomas DeVries por la determinación de los moluscos fósiles y a Pedro Tapia, quien determinó las muestras de diatomeas.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] ADAMS, G. (1908). An outline review of the geology of Peru. Smithsonian Institution Ann. Rep., pp. 385-429.
 [2] ALARCÓN, P., Anzoleaga, R., Gonzáles, E., Bianchi, C. & Fuentes, J. (2005). Estilos estruc-

turales y evolución de las cuencas Costafuera del Perú y su potencial hidrocarbúfero. INGEPET, EXPR-3-CB-33, p. 11.

[3] BRAND, L., Esperante, R., Chadwick, A., Poma Porras, O. & Alomia, M. (2004). Fósil whale preservation implies high diatom accumulation rate in the Miocene-Pliocene Pisco Formation of Peru. Geological Society of America, Vol. 32, N.º 2, pp. 165-168.
 [4] CALDERON, I. (2007). Arquitectura Estructural y estratigrafía de la cuenca de ante-arco Neógena de Pisco (Perú) sobre la subducción de la Dorsal de Nazca. Tesis de Maestría, p. 34.

- [5] DEVRIES, T. & Schrader, H. (1997). Middle Miocene Marine Sediments in the Pisco Basin (Peru). *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, N.º 87, pp. 1-13.
- [6] DEVRIES, T. (1998).- Oligocene deposition and Cenozoic sequence boundaries in the Pisco Basin, Peru. *Journal of South American Earth Sciences*, Vol. 1(3): 217-231.
- [7] DEVRIES, T. (2002).- Molluscan evidence for an Oligocene-Miocene age of Paracas Beds in Southern Peru. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, N.º 92: 57-65.
- [8] LEÓN, W. & Aleman, A. (2002).- Forearc extension: tectonics, sedimentologic and stratigraphic evolution of the East Pisco Basin, XI Congreso Peruano de Geología.
- [9] JENKS, W. (1948). Geology of the Arequipa Quadrangle. Instituto de Geología del Perú, Bol. 9, p. 204.
- [10] LISSÓN, C., 1898: Los fosfatos de Ocucaje. *Boletín de Minas, Ind. Constr.*, Lima, N.º 14: 5, pp. 33-34.
- [11] MACHARÉ, J., DEVRIES, T., Barrón, J. & Fourtanier, E. (1988). Oligo-Miocene transgression along the Pacific margin of South America: new paleontological and geological evidence from the Pisco basin (Peru). *Géodynamique*, Vol. 3, 1: 25-37.
- [12] MAROCCO, R. & MUIZON, C. (1988).- Los Vertebrados del neógeno de la costa Sur de Perú, ambiente Sedimentario y Condiciones de fosilización. *Boletín del IFEA*, N.º 17, 2, pp. 105-117.
- [13] MAROCCO, R. & MUIZON, C. (1988). Le bassin Pisco, bassin cénozoïque d'avant arc de la cote du Pérou central: analyse géodynamique de son remplissage. *Geodynamique*, Vol. 3 (1-2), pp. 3-19.
- [14] MUIZON, C. (1981).- Les vertébrés fossiles de la Formation Pisco (Pérou). Première partie: deux nouveaux Monachinae (Phocidae, Mammalia) du Pliocène inférieur de Sud-Sacaco. *Travaux de l'IFEA*, Vol. 22, pp. 1-160.
- [15] MUIZON, C. & DeVries, T. (1985). Geology and paleontology of late Cenozoic marine deposits in the Sacaco area (Peru). *Sonderdruck aus Geologische Rundschau*, Vol. 74, 3, pp. 547-563.
- [16] OLSSON, A. (1946). A preliminary report on the Pisco Basin, Peru. *Reporte interno*, p. 10.
- [17] PETERSEN, G. (1954). Informe preliminar sobre la geología de la faja costanera del departamento de Ica. *Bol. Techn. Empresa Petrolera Fiscal*, N.º 1, pp. 33-61.