



PERÚ

Ministerio de Cultura



# I JORNADA DE JÓVENES INVESTIGADORES EN PALEONTOLOGÍA IJJIP

## Memoria I Jornada de Jóvenes Investigadores en Paleontología

18, 19 y 20  
Noviembre 2015  
Lima, Perú

Dirección General de  
Patrimonio Cultural  
(Edición)





I JORNADA DE JÓVENES  
INVESTIGADORES EN  
PALEONTOLOGÍA  
**I JJIP**





**Memoria  
I Jornada de Jóvenes  
Investigadores en  
Paleontología**

**18, 19 y 20  
Noviembre 2015  
Lima, Perú**

---

**Dirección General de  
Patrimonio Cultural  
(Edición)**





PERÚ

Ministerio de Cultura

**Diana Alvarez-Calderón Gallo**  
Ministra de Cultura

**Juan Pablo de la Puente**  
Viceministro de Patrimonio Cultural e Industrias Culturales

**Ana María Hoyle Montalva**  
Directora General de Patrimonio Cultural

**Ministerio de Cultura**  
Av. Javier Prado Este 2465 - San Borja, Lima - Perú  
[www.cultura.gob.pe](http://www.cultura.gob.pe)  
Noviembre, 2015



**18, 19 y 20  
Noviembre 2015  
Lima, Perú**

## **SOBRE EL ÁREA TÉCNICA DE PALEONTOLOGÍA DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE PATRIMONIO CULTURAL DEL PERÚ**

El Área Técnica de Patrimonio Paleontológico tiene como funciones principales:

- La coordinación con la comunidad paleontológica para la elaboración de Leyes y Reglamentos para una adecuada gestión del Patrimonio Paleontológico de la Nación.
- Promover y coordinar el registro, la investigación, la preservación, la conservación, la difusión y puesta en valor del patrimonio paleontológico de la Nación con la participación de los Gobiernos Regionales y Locales, así como de las organizaciones de la sociedad civil y las comunidades conforme a las normas nacionales e internacionales vigentes.
- Coordinar, orientar y supervisar la gestión, defensa, declaración, protección, investigación y promoción de los bienes del Patrimonio Paleontológico a cargo del Estado.

Así mismo, la Dirección General de Patrimonio Cultural es el órgano de línea encargado de diseñar, proponer y conducir la ejecución de las políticas, planes, estrategias, programas y proyectos para una adecuada gestión, registro, inventario, investigación, conservación, presentación, puesta en uso social, promoción y difusión del patrimonio paleontológico en coordinación con el Área Técnica de Patrimonio Paleontológico, con excepción del patrimonio mueble, para promover el fortalecimiento de la identidad cultural del País.

Otra función importante es la de supervisar la gestión de las DDC en lo referente al Patrimonio Paleontológico, así como la adecuación y aplicación de la política y los objetivos culturales correspondientes e implementar mecanismos de articulación, coordinación y colaboración entre las diferentes direcciones Desconcentradas de Cultura en el ámbito de sus funciones. Coordinar con los gobiernos locales y regionales la elaboración de propuestas de desarrollo cultural local y regional en el ámbito del Patrimonio Paleontológico.

Aprobar y autorizar según corresponda, las intervenciones en sus diferentes modalidades y/o acciones que involucren bienes inmuebles integrantes del Patrimonio Paleontológico de la Nación. Proponer al despacho Viceministerial de Patrimonio Cultural e Industrias Culturales, la delimitación, propuesta de declaración de los bienes inmuebles integrantes del patrimonio Paleontológico de la Nación.



# PRESENTACIÓN

La gran peculiaridad que define esta publicación es sin duda, su exclusividad a la hora de recopilar aportaciones científicas realizadas por jóvenes investigadores peruanos o sobre fósiles peruanos.

Es necesario tener en cuenta que en el Perú, las referencias de estudios paleontológicos son escasas, en relación a otros países en los que se cuenta con una academia activa y prolífica; no obstante y a pesar de la inexistencia de una enseñanza reglada de paleontología, existen trabajos hechos en coordinación con expertos y avances de tesis de investigación.

La Dirección General de Patrimonio Cultural (DGPC/MC), mediante su Área de Paleontología, en atención al Art. 52. del R.O.F. del Ministerio de Cultura, toma la iniciativa de reunir en este encuentro a los jóvenes paleontólogos del Perú, para poner en común sus investigaciones, hacer debate científico y trabajar los criterios unificantes respecto de la protección de los fósiles y su puesta en valor.

Generar este foro de encuentro y discusión, es una importante base en la construcción de una academia sólida, ya que se propicia que los jóvenes se encuentren lo suficientemente cómodos exponiendo sus ideas, y además existe una réplica desde la diferencia de disciplinas que intervienen en la paleontología, en el clima de un debate científico enriquecedor y por qué no, novedoso en esta rama científica en nuestro país.

Así pues, les presentamos este primer libro de las memorias de este encuentro, esperando que quienes lean sus trabajos en él, se sientan acogidos, integrados y sabedores de que su trabajo es importante, valioso y con un gran significado para nuestra Nación y su desarrollo científico; que sea el primero de muchos y además que sea una costumbre con la que los jóvenes sigamos siendo jóvenes.

Área de Paleontología  
Dirección General de Patrimonio Cultural  
Ministerio de Cultura

# ÍNDICE DE TRABAJOS

El estudio de los Icnofósiles del Perú. Por: Ana Pedraza Borja. Museo de Historia Natural “Vera Alleman Haeghebaert”, Universidad Ricardo Palma.

Caracterización, Valoración y Zonificación del Yacimiento Paleontológico de Pampa La Brea (Talara, Piura, Perú) como herramienta para la gestión del Patrimonio Paleontológico. Por Luis Valdivia. Instituto de Paleontología - Universidad Nacional de Piura.

Historia de la trayectoria científica de la Paleontología en el Perú (1866-2003). Por: Catherine Rey Clarke - Universidad Ricardo Palma.

Revisión Bibliográfica: Fósiles del Departamento de Pasco. Por: Pacherres Pinto Mianggell, Andrea Villaseca Robertson. Museo de Historia Natural “Vera Alleman Haeghebaert”.

El Patrimonio Paleontológico Mueble del Cuzco. Por: Nohemí Villena.

Estudio de las Paleodietas del Yacimiento fosilífero de Córcoles-Guadalajara. Por: Leonardo Zevallos Valdivia. Área Técnica de Paleontología. Dirección General de Patrimonio Cultural - Ministerio de Cultura.

Descripción sedimentológica del sitio fosilífero Miramar-San Luis (Paita, Piura, Perú). Por: Luis Felipe Mejía Arselles. Instituto de Paleontología - Universidad Nacional de Piura.

Importancia de la Morfometría Geométrica aplicada a la Ornitología. Por: Milagros Chumacero Livias. Departamento de Paleontología de Vertebrados, Museo de Historia Natural, Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Sigmodontinae (Rodentia, Mammalia) del Pleistoceno superior de Pampa La Brea (Talara, Piura, Perú): sistemática y análisis tafonómico. Por: John Percy Zapata Vilela- Instituto de Paleontología - Universidad Nacional de Piura.



Patologías en el registro fósil de vertebrados marinos de la Formación Pisco: El caso de la localidad de aguada de Lomas (Nivel Hueso Blanco). Por: Manuel Burga castillo, Rafael Varas, Mario Urbina Schmidtt- Departamento de Paleontología de Vertebrados, Museo de Historia Natural, Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

El Catálogo Palinológico de la Universidad Peruana Cayetano Heredia y su aplicación en la Reconstrucción Paleoambiental del Sitio Arqueológico “Las Shicras” (Huaral-Perú). Por: Claudia R. Morales Pantoja, Universidad Peruana Cayetano Heredia, Facultad de Ciencias y Filosofía.

Análisis de Micro restos Vegetales en Sedimentos Arqueológicos del Sitio Gramalote Periodo Inicial (1500-1200 a.C.), La Libertad, Perú. Por: Fiorella Villanueva Rojas, Universidad Peruana Cayetano Heredia, Facultad de Ciencias y Filosofía.

Foraminíferos como indicadores del Desplazamiento latitudinal del Frente Ecuatorial. Por: Marco Yseki Paucar. Universidad Peruana Cayetano Heredia, Facultad de Ciencias y Filosofía.

Variabilidad de las asociaciones de diatomeas en el testigo de caja B0506-14-III, frente a Pisco-Perú, para los últimos 500 años. Por: Mónica E. Sócola Salazar, Universidad Peruana Cayetano Heredia, Facultad de Ciencias y Filosofía.

Síntesis de las asociaciones de las diatomeas de la Cuenca de Pisco. Por: Flavio A. Solís, Universidad Peruana Cayetano Heredia, Facultad de Ciencias y Filosofía.

Metodologías usadas para la extracción de restos de peces en sedimentos del Cuaternario marino en el Perú. Por: José Solís Benites - Universidad Peruana Cayetano Heredia, Facultad de Ciencias y Filosofía.

Los Moluscos subfósiles como herramienta para la reconstrucción de Paleoambientes en Arqueología. Por: Katherine Mabel Roa Pérez-Universidad Peruana Cayetano Heredia, Facultad de Ciencias y Filosofía.





# EL ESTUDIO DE LOS ICNOFÓSILES EN EL PERÚ

---

Ana Pedraza Borja<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Museo de Historia Natural "Vera Alleman Haeghebaert", Universidad Ricardo Palma  
anafabiolapedraza@gmail.com

## RESUMEN

En los estudios paleontológicos se conoce como icnofósiles (ichno=traza o huella) a las estructuras sedimentarias de origen biológico que representen el producto de un comportamiento (Seilacher, 1956), comprendiendo madrigueras, huellas, turbaciones, coprolitos (restos fecales fosilizados), etc. Estos están relacionados de forma directa o indirecta a la anatomía del organismo productor, y pueden encontrarse en rocas sedimentarias de origen marino, lacustre, y continental, datadas desde el Precámbrico hasta el Reciente. En el Perú, se han encontrado tanto icnitas (huellas de vertebrados), hasta trazas de invertebrados, abriendo la posibilidad de estudios en este campo, cuyo desarrollo está aún en proceso.

**Palabras clave:** Icnología, icnitas, trazas fósiles.

## ABSTRACT

In paleontological studies ichnofossils (ichno=trace or trail) are known as sedimentary structures of biological origin that represent the product of a behavioural response (Seilacher, 1956). These include burrows, borings, tracks, coprolites (fossilized fecal pellets), etc. which are related to the anatomy of the producer and can be found in sedimentary rocks of marine, lacustral and continental origin from the Precambrian to the Recent. In Perú, ichnites (vertebrate tracks) and invertebrate traces have been found, opening the possibility of research on this field, still in progress.

Key words: Icnology, ichnites, trace fossils.

## INTRODUCCIÓN

El estudio de las trazas fósiles, también llamados icnofósiles, es una rama relativamente nueva de la ciencia que nace hace poco más de 200 años y que estudia la relación de estructuras de comportamiento con el ambiente sedimentario. Iniciando su historia con el descubrimiento de las primeras trazas fósiles de vertebrados (Buckland, 1828), la baja popularidad de aquellas de invertebrados se atribuye a que en un comienzo estas se interpretaron como algas fósiles o productos de procesos sedimentarios.

Esto culmina cuando en 1881, los estudios del paleobotánico Nathorst prueban de forma experimental que muchas de estas “algas” eran en realidad trazas de organismos invertebrados. El avezado paleobotánico, posicionó organismos invertebrados marinos en un ambiente de masilla mezclada con agua salada, con el fin de que las huellas producidas pudiesen preservarse.

Sus resultados dieron pie a cuestionar lo que hasta entonces se creía.

Esta fase experimental, junto a la comparación entre depósitos antiguos y actuales, proveyeron una mejor comprensión de los procesos sedimentarios y las trazas fósiles asociadas (Richter, 1920), fomentando el interés en el desarrollo de estos estudios.

### **CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA**

Por su naturaleza, los icnofósiles pueden considerarse materia de estudio tanto de la sedimentología como de la paleontología, por lo que deben ser evaluados en ambos sentidos, tomando desde el punto de vista paleobiológico, los aspectos evolutivos, morfológicos, ecológicos y etológicos, mientras que de las ciencias de la tierra, considera los aspectos sedimentológicos, de estratigrafía secuencial y bioestratigráficos.

Sin embargo, debido a que estos fósiles no pueden asociarse directamente a una especie, no tienen cabida en ninguna de las categorías taxonómicas naturales, comúnmente colocándose bajo la clasificación de Problemática.

Hasta el siglo diecinueve, estas trazas fósiles eran consideradas como el “residuo del material paleontológico, o material de supuesto origen orgánico, que aún aguarda la asignación sistemática definitiva” (Caster, 1957).

A raíz de este problema, surge una clasificación basada en el comportamiento representado, bajo la premisa de que organismos de diferentes grupos taxonómicos pero con hábitos o patrones de comportamiento similares puedan producir huellas con características afines, estableciendo los icnotaxones. (Seilacher, 1953). Esta clasificación es aceptada mundialmente y aplicada a todos los estudios icnopaleontológicos desde entonces.

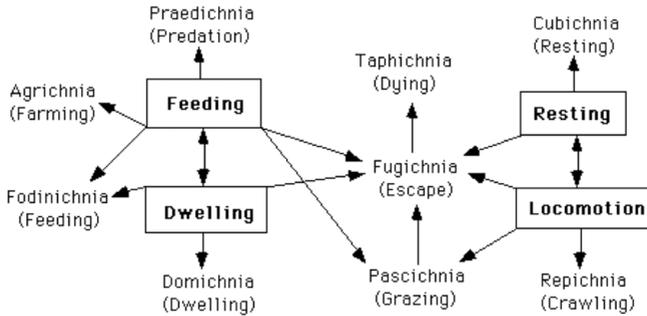


Fig. 1. Pemberton et al. 1992, a partir de Seilacher.

## ICNOFACIES

El mismo Seilacher publica en 1967 el “Modelo de Icnofacies”. Las icnofacies consisten agrupaciones etológicas distintivas y recurrentes (en espacio y tiempo) de trazas fósiles, reflejando combinaciones específicas de respuestas de comportamiento biológico ante determinado contextos ambientales, fomentando la aplicación de los icnofósiles como herramienta en la interpretación de paleoambientes y reconstrucciones paleoecológicas.

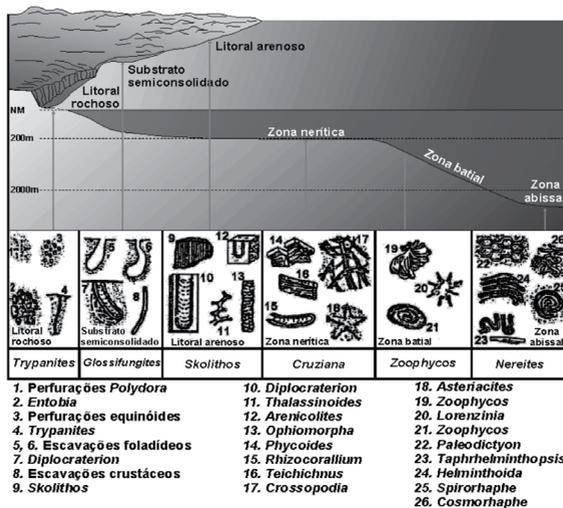


Fig. 2. Algunas icnofacies reconocidas y utilizadas.

## **ESTUDIOS EN EL PERÚ**

La primera mención de icnofósiles en el Perú sin denominarlos como tal, la hace Carlos Lissón en 1904 cuando menciona la presencia de fósiles de “tubos de anélidos” en la Formación Salto del Fraile del Morro Solar, Lima, en la publicación “Sobre algunas Sonneratia y los Tigillites del Morro Solar”, donde los posiciona bajo el orden de los poliquetos y les otorga la clasificación taxonómica natural de Tigillites habichi. Posteriormente, en 1907, Lissón menciona estos fósiles en su “Contribución a la Geología de Lima”.

Hasta este momento, el término icnofósil aún no era de uso común en la comunidad científica, y mucho menos la clasificación alternativa mencionada. Recién 80 años después de la primera mención de Lissón, Alleman & Geyer (1984) actualizan sus observaciones, utilizando el término icnofósil por primera vez en estudios nacionales para describir la fauna en la Formación Salto del Fraile, y utilizando la clasificación propuesta por Seilacher; colocando al Tigillites habichi de Lissón bajo el icnogénero Diplocraterion por la forma de “U” de la madriguera y las huellas de movimiento protrusivo y retrusivo entre las paredes de esta. Asimismo, hacen una breve descripción del paleoambiente que implica la presencia de este icnotaxón.

En el año 2006, Chacaltana et al. estudian la icnología de la Formación Marcavilca, también en Chorrillos, reportando los icnotaxones Thalassinoides, Phycodes, Planolites, Chondrites y Glossifungites, dentro de un análisis paleoambiental apoyado por estudios estratigráficos.

Tejada et al. mencionan la presencia del icnogénero Teredolites en la Formación Chilcatay perteneciente al Cenozoico Inferior, considerándolos como importantes indicadores paleoambientales sedimentarios.

Un grupo menos estudiado es el de los icnofósiles a escala microscópica, que Morales et al. describen en un estudio que propone la bioerosión como un indicador paleoecológico, mencionando una icnoasociación entre Fossichnus solus y Oichnus simplex en la plataforma continental peruana.

En cuanto a huellas de vertebrados, el 2004 Moreno et al. publican acerca de los nuevos sitios encontrados con huellas de dinosaurios como evidencia de una amplia distribución de grandes terópodos durante el Jurásico Tardío-Cretácico Temprano de Sudamérica, llevando su estudio al primer Congreso Internacional de Icnología.



En esta misma línea de estudio, Salas-Gismondi & Chacaltana publican el 2010 “Huellas de un arcosaurio Triásico en la Formación Sarayaquillo (Cuenca Ene, Perú) y el icnregistro de vertebrados en el Mesozoico del Perú”, donde se hace mención a las icnitas del Departamento de Junín. El mismo año, Aceñolaza & Gutiérrez-Marco, presentan la Incoestratigrafía de la traza fósil Cruziana en el Ordovícico de Sudamérica, abarcando territorio colombiano y peruano.

Recientemente en el 2014, Alván realiza un estudio de facies sedimentarias y arquitectura estratigráfica en deltas cuarcíticos de la Formación cenozoica Camaná, al sur del Perú. Describe las icnofacies Glossifungites en Quebrada Bandurria (con el género Diplocraterion), Thalassinoides en la Playa La Chira y una similar a Cruziana en Pucchun.

## **CONCLUSIONES**

Las investigaciones sobre trazas fósiles en el Perú vienen desarrollándose con mayor frecuencia los últimos años, haciendo uso de la información que de ellas puede obtenerse de forma cada vez más eficiente.

Sin embargo, aún hay campos de esta rama que deben ser explorados, sobre todo en las huellas producidas por vertebrados y en las comparaciones con organismos actuales que favorecerían estudios sobre la evolución del comportamiento.

Al tratarse de un estudio que abarca aspectos geológicos y biológicos, trabajar con grupos de personal multidisciplinario es lo recomendable para continuar con el desarrollo de esta ciencia.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ACEÑOLAZA, G.; GUTIÉRREZ-MARCO, J. 2010. Incoestratigrafía de Cruziana (traza fósil) en el Ordovícico de Sudamérica y sus registros en el Perú y Colombia. xv. Congreso Peruano de Geología. Resúmenes extendidos. Sociedad Geológica del Perú.

ALLEMAN, V & GEYER, 1984. Sobre algunos Icnofósiles de las Formaciones fosilíferas del Morro Solar de Lima. Vol. Jubilar LX Aniversario Homenaje al Dr. G. Petersen. Soc. geol. Perú, fasc. 3:1-11 y Figs.

ALVÁN, A. 2014. Sedimentary facies and stratigraphy architecture in coarse-grained deltas: Anatomy of the Cenozoic Camaná Formation, Southern Peru. *Journal of South American Earth Sciences* 54: 82-108.

BUCKLAND, W. (1828). Note sur des traces de tortues observées dans le grès rouge. *Annales des Sciences Naturelles*, 13, 85–86.

CHACALTANA, C.; ROMERO, D.; HOVIKOSKI, J.; JAIMES, F.; NÚÑEZ DEL PRADO, H. 2006. Icnofacies en la base de la Formación Marcavilca: Asociaciones icnolíticas y análisis paleoambiental. XIII Congreso Peruano de Geología, Resúmenes extendidos. Pp. 603-606.

LISSON, C. 1904. Los Tigillites del Salto del Fraile y algunos Sonneratia, del Morro Solar. *Bol. Cuerpo Ing.Min. Perú*, 17, 1-64, 38 figs. Lima.

LISSON, C. 1907. Contribución a la geología de Lima y sus alrededores. *Libr. Impr. Gil*, 1-125pp, 15 figs., 13 lám. , 2 mapas, Lima.

MORALES, M.; ALMEIDA, C.; GUTIÉRREZ, D. 2010. La bioerosión como indicador paleoecológico: Icnofacies de *Fossichnus solus* Nielsen, Nielsen & Bromley y *Oichnus simplex* Bromley en la plataforma continental peruana. INGEMMET.

NATHORST, A.G. 1881. Om spår af evvertebrerade djur m. m. och deras paleontologiska betydelse (with abridged french translation: Mémoire sur quelques traces d'animaux sans vertébrés etc. et de leur portée paléontologique p. 61–104). *Kongliga Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar*, 18, 1–104.

PEMBERTON, S. G., MACEACHERN, J. A., & FREY, R W., 1992. Trace fossil facies models: environmental and allostratigraphic significance. In: Walker, R. G. and James, N. P. (eds.), *Facies Models—Response to Sea Level Change*, Geological Association of Canada, p. 47-72.

RICHTER, R. 1920. Flachseebeobachtungen I. Ein devonischer 'Pfeifenquarzit' verglichen mit der heutigen 'Sandkoralle' (*Sabellaria*, Ann.). *Senckenbergiana*, 2, 215–235.

SEILACHER, A. 1953a. Der Brandungssand als Lebensraum in Gegenwart und Vorzeit. *Natur und Volk*, 83, 263–272.

SEILACHER, A. 1953b. Studien zur Palichnologie. I. Über die Methoden der Palichnologie. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*, 96, 421–452.

TEJADA, L.; CHACALTANA, C.; VALDIVIA, W. Presencia de Teredolites en la Formación Chilcatay (Cenozoico Inferior). INGEMMET.







# CARACTERIZACIÓN, VALORACIÓN Y ZONIFICACIÓN DEL YACIMIENTO PALEONTOLÓGICO DE PAMPA LA BREA (TALARA, PIURA, PERÚ) COMO HERRAMIENTA PARA LA GESTIÓN DEL PATRIMONIO PALEONTOLÓGICO

---

*Luis Angel Valdivia*

*Instituto de Paleontología - Universidad Nacional de Piura - Campus Universitario*

*Av. Andrés Avelino Cáceres s/n - Urb. Miraflores - Castilla - Piura - PERÚ*

*paleonto@yahoo.com*

**Palabra Clave:** Caracterización, Valoración, Zonificación, Patrimonio Paleontológico, Sistemas de Información Geográfica (SIG).

## RESUMEN

Un apropiado manejo del Patrimonio Paleontológico requiere la identificación y el registro de los sitios fosilíferos más representativos a nivel taxonómico y tafonómico. Desafortunadamente, pese a la existencia de una Ley General del Patrimonio Cultural de la Nación que incluye expresamente los fósiles, las autoridades peruanas a todos los niveles - local, regional y nacional - aún no tienen un concepto claro del significado del Patrimonio Paleontológico y de la importancia de su preservación.

En sus sedes regionales, el Ministerio de Cultura cuenta con Direcciones de Arqueología más no de Paleontología por lo que, a nivel nacional, el problema de la gestión del Patrimonio Paleontológico es difícilmente manejable. Si deseamos proteger el Patrimonio Paleontológico Regional, es necesario, en un primer paso, inventariar y pre-delimitar los sitios fosilíferos de mayor relevancia.

El uso de los Sistemas de Información Geográfica permite complementar la ubicación y la delimitación, caracterizando cada sitio y definiendo criterios para su valoración y zonificación. La disponibilidad de estos datos es susceptible de agilizar los trámites de delimitación formal y monumentación de los sitios fosilíferos de mayor importancia como zonas paleontológicas intangibles, tarea que compete al Ministerio de Cultura.

La localidad de Pampa La Brea es conocida desde la mitad del siglo XX por haber proporcionado un yacimiento paleontológico comparable con el famoso sitio de Rancho La Brea (California, U.S.A.). Ambos yacimientos son tafonómicamente similares: afloramientos naturales de petróleo funcionaron como trampas naturales para una fauna extremadamente diversa, en particular aves y mamíferos. De estos últimos destaca, al igual que en Rancho La Brea, el Tigre Dientes de Sable *Smilodon fatalis*.

Para iniciar el trabajo de caracterización, valoración y zonificación del yacimiento de Pampa La Brea, recogimos métodos usados en sitios fosilíferos de otros países ubicados en contextos geológicos y tafonómicos distintos.

Estas experiencias proporcionan mucho más que información geológica y geográfica, involucrando también criterios sociales aplicables en el caso de Pampa La Brea. El procedimiento de caracterización, valoración y zonificación del yacimiento paleontológico de Pampa La Brea, una vez

## LOCALIZACIÓN

Pampa La Brea se ubica a 120 km al noroeste de la ciudad de Piura (noroeste del Perú) y es accesible vía Panamericana Norte hacia la ciudad de Talara (Fig. 1). El yacimiento paleontológico de Pampa La Brea se define provisionalmente como un polígono (basado en los datos de Alván et al., 2009) con coordenadas UTM WGS84. Del mismo modo, mediante el software de Sistemas de Información Geográfica ArcGIS® se determina las coordenadas (mismo Datum y proyección) del centroide del polígono (Tabla 1).

Puntos/Vértices del Polígono	Coordenadas UTM WGS84 Zona 17S	
	Este	Norte
PLB_1	480 000	9 490 000
PLB_2	490 000	9 490 000
PLB_3	480 000	9 485 000
PLB_4	490 000	9 485 000
PLB	485 000	9 487 500

Tabla 1. Coordenadas UTM WGS84 del polígono provisional de Pampa La Brea. PLB\_1, PLB\_2, PLB\_3 y PLB\_4: vértices del polígono; PLB: centroide del polígono.

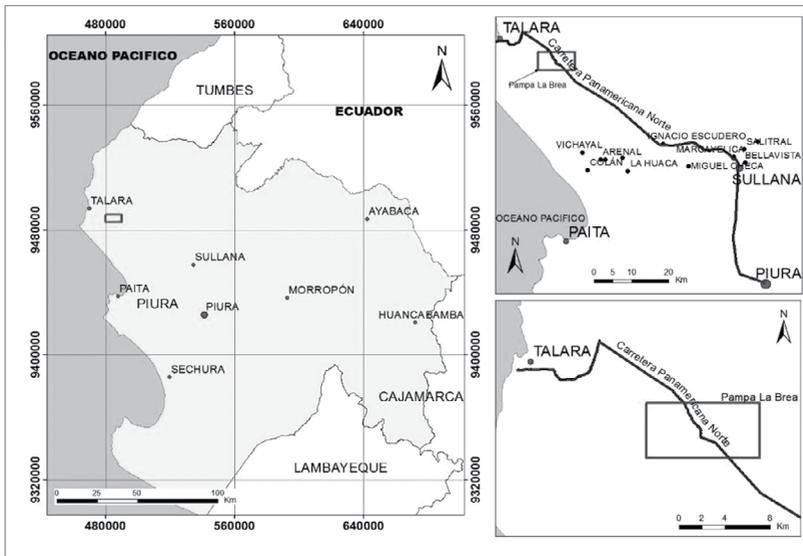


Fig. 1. Ubicación y accesibilidad a la localidad de Pampa La Brea - Negritos.

## METODOLOGÍA

Para realizar el trabajo de caracterización, valoración y zonificación de Pampa La Brea, se recopiló métodos usados en otros países con yacimientos paleontológicos de contextos geológicos y tafonómicos distintos, siendo las principales fuentes: Endere & Prado (2009) y De Lima, Brilha & Salamuni (2010). Estas experiencias muestran en síntesis mucho más que información geológica y geográfica, involucrando aspectos socio-económicos y culturales.

De esta forma, para Pampa La Brea, los criterios de caracterización y valoración han sido combinados a partir de estas dos publicaciones, siendo la caracterización solo descriptiva (Tabla 2) y la valoración con un puntaje por cada criterio (Tabla 3). Para la zonificación, se ha considerado las categorías descritas por Endere & Prado (2009): Zona de Intangibilidad o de Exclusión, Zona de Preservación Paleontológica, Zona de Potencialidad Paleontológica y Zona de Amortiguamiento.

Estas zonas han sido preliminarmente delimitadas analizando imágenes satelitales, ajustando las bandas de colores y mejorando el contraste de las imágenes por ecualización de histogramas en el software ArcGIS®, siendo así visible una coloración iridiscente en los terrenos empapados con brea resaltando un área en particular. Este procedimiento apoyado con estudios sedimentológicos y paleontológicos previos justificarían las zonas propuestas (Fig. 3 y 4); asimismo, futuras actividades podrían eventualmente extender las zonas delimitadas propuestas anteriormente.

Endere & Prado (2009)	De Lima, Brilha & Salamuni (2010)
<p>- La caracterización está sujeta a la legislación de cada país.</p> <p>- La caracterización responde a la necesidad de hacer un inventario indicativo de la diversidad de sitios, determinada por criterios científicos de calidad y representatividad. "Agrupar tantos aspectos de un lugar como sea posible para comprenderlo y valorarlo mejor" (Grenville &amp; Fairclough, 2004-5).</p> <p>- En Argentina, de acuerdo al Registro Nacional de Yacimientos, Colecciones y Restos Paleontológicos, la inscripción de un yacimiento paleontológico exige los siguientes criterios: localización, contexto geológico, topografía, tipo de yacimiento, bibliografía, estado de conservación del yacimiento e investigaciones previas y en curso.</p> <p>- Se toma en cuenta el uso de la categoría de paisaje, ya que son dinámicos y su gestión consiste en manejar el cambio, más que mantenerlos. (Clark <i>et al.</i>, 2004).</p> <p>- Criterios de caracterización aplicados en la zona pampeana en Argentina:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Estado actual del yacimiento.</li> <li>2. Edad.</li> <li>3. Fecha de descubrimiento.</li> <li>4. Causa del descubrimiento.</li> <li>5. Propiedad.</li> <li>6. Gestión del yacimiento.</li> <li>7. Localización.</li> <li>8. Peligro de deterioro.</li> <li>9. Extensión del yacimiento.</li> </ol> <p>Los puntajes que se usaron en este sitio (la zona pampeana en Argentina) se encuentran en la publicación del autor. El puntaje varía dependiendo de la información que se tiene de cada sitio, siendo de uno (1) a más.</p>	<p>-Elaboración de un inventario del geopatrimonio a nivel nacional.</p> <p>- Para ello considera puntos o criterios que ayudarán a realizar el trabajo en su totalidad. Estos son:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Definición de un objetivo.</li> <li>2. Establecer grupos de trabajo.             <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1. Comité de coordinación.</li> <li>2.2. Comité científico.</li> <li>2.3. Grupo de expertos.</li> </ol> </li> <li>3. Revisión de la bibliografía.</li> <li>4. Definición del marco o contexto geológico.</li> <li>5. Identificación del geosítio.             <ol style="list-style-type: none"> <li>5.1. Representatividad.</li> <li>5.2. Integridad.</li> <li>5.3. Importancia científica.</li> </ol> </li> <li><b>6. Caracterización del geosítio.</b> <ol style="list-style-type: none"> <li><b>6.1. Caracterización general.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Identificación del geosítio.</b></li> <li>- <b>Localización, coordenadas, referencias geográficas.</b></li> <li>- <b>Situación administrativa.</b></li> <li>- <b>Protección legal.</b></li> <li>- <b>Accesibilidad.</b></li> <li>- <b>Vulnerabilidad.</b></li> </ul> </li> <li><b>6.2. Caracterización geológica.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Marco o contexto geológico.</b></li> <li>- <b>Dimensiones del geosítio.</b></li> <li>- <b>Contenido geológico (aspectos locales).</b></li> <li>- <b>Ilustraciones.</b></li> <li>- <b>Referencias bibliográficas.</b></li> <li>- <b>Observaciones.</b></li> </ul> </li> </ol> </li> </ol> <p>Se resalta el apartado 6 ya que se aplicaron los criterios de caracterización de esta publicación para Pampa La Brea. Asimismo, no se utilizaron puntajes para el apartado resaltado sino que se basa en la descripción de cada criterio.</p>

Tabla 2: Resumen y comparación de los criterios de caracterización a usar para el yacimiento fosilífero de Pampa La Brea. Adaptado de Endere & Prado (2009) y De Lima, Brilha & Salamuni (2010).



Endero & Prado (2009)	De Lima, Briha & Salamuni (2010)
<p>           Criterios de valoración de yacimientos paleontológicos establecidos por Alcalá &amp; Morales (1994), Morales (1996, 2000) y Morales <i>et al.</i> (1999).         </p> <p> <b>a) Criterios científicos</b> </p> <p> <b>1. Macrofósiles</b>            Codificación:            0: No existen o se presentan en cantidades no significativas.            1: Existen.            2: Son especialmente abundantes y diversos; o bien, representan especies poco conocidas.         </p> <p> <b>2. Microfósiles</b>            Codificación: Ídem anterior.         </p> <p> <b>3. Otros fósiles</b> (plantas, invertebrados, icnofósiles...; en el caso de la zona pampeana, las categorías anteriores - macrofósiles y microfósiles - son para los mamíferos).            Codificación:            0: No existen, se presentan en cantidades no significativas o no aportan información taxonómica.            1: Existen.            2: Son especialmente abundantes y diversos; o bien, representan especies poco conocidas.         </p> <p> <b>4. Localidad tipo</b>            Codificación:            0: No existe ningún taxón definido en la localidad.            1: Se ha definido un taxón en la localidad.            2: Se ha definido más de un taxón.         </p> <p> <b>5. Interés bioestratigráfico</b>            Codificación:            0: Sin interés bioestratigráfico, ya sea que el yacimiento este destruido o este fuera de contexto geológico.            1: El yacimiento se halla dentro del contexto geológico y permite una datación bioestratigráfica fiable.            2: El yacimiento se incluye dentro de una secuencia estratigráfica que sirve para definir cualquier unidad de tipo bioestratigráfico o cronológico.         </p> <p> <b>6. Interés geológico</b>            Codificación:            0: Sin interés geológico, ya sea porque el yacimiento estuviese destruido o fuera de contexto.            1: El yacimiento se halla dentro de un contexto geológico frecuente.            2: El yacimiento se incluye dentro de un contexto geológico raro o excepcional.         </p> <p> <b>7. Interés tafonómico</b>            Codificación:            0: Sin interés tafonómico, por estar destruido el yacimiento o por haber sido excavado sin metodología adecuada.         </p>	<p>           La valoración es considerada como parte de una caracterización adicional.         </p> <p>           Se exponen criterios para estimar el potencial de uso y manejo de geositos de importancia. Se establecen una serie de criterios cada uno subdividido en cuatro (04) subcriterios evaluados en una escala desde uno (01) a cuatro (04) puntos (modificado de Junta de Andalucía, 2002).         </p> <p>           En nuestro caso al tratarse de un sitio paleontológico, mencionaremos los criterios a modo de dar un alcance general, y aunque los cuatro subcriterios modelo tendrán que ser modificados a futuro para ajustarlos a los cambios que se puedan dar en el sitio, también serán mencionados.         </p> <p> <b>a) Criterios para manejar el uso del potencial educativo de los geositos</b> </p> <p> <b>1. Representatividad</b>            1: Sitio geológico único a nivel local.            2: Sitio geológico único a nivel de provincia.            3: Sitio geológico único a nivel regional.            4: Sitio geológico único a nivel nacional.         </p> <p> <b>2. Calidad de exposición</b>            1: Los principales aspectos geológicos son imposibles de observar.            2: Los principales aspectos geológicos son difíciles de observar.            3: Algunos aspectos geológicos son difíciles de observar.            4: Fácilmente observables en su totalidad.         </p> <p> <b>3. Diversidad a nivel de región</b>            1: El geosito tiene dos (02) tipos de contenido, pero es solo representativo para uno.            2: El geosito tiene dos (02) tipos de contenido y es representativo para ambos.            3: El geosito tiene tres (03) tipos de contenido, pero no es representativo para todos.            4: El geosito tiene tres (03) tipos de contenido geológico (estratigráfico, paleontológico, geomorfológico, etc.) y es representativo para todos.         </p> <p> <b>4. Potencial educativo</b>            1: El geosito ilustra aspectos geológicos solamente útiles a nivel de universidades.            2: El geosito ilustra aspectos geológicos solamente útiles a nivel de escuelas secundarias.            3: El geosito ilustra aspectos geológicos solamente útiles a nivel de educación primaria y secundaria.            4: El geosito ilustra aspectos geológicos útiles para todo el sistema educativo.         </p> <p> <b>5. Logística</b>            1: Hay alojamientos y restaurantes solo para grupos de veinticinco (25) personas a menos de 50 Km.            2: Hay alojamientos y restaurantes para grupos de cincuenta (50) personas a menos de 100 Km.         </p>

<p>1: Yacimientos que han sido o que puedan ser excavados con metodología adecuada para realizar estudios tafonómicos.</p> <p>2: Yacimientos cuya información demuestra que se formaron en condiciones ambientales especiales, yacimientos con asociaciones fósiles poco frecuentes, o yacimientos en los que existe una información tafonómica exhaustiva.</p> <p><b>8. Estado de preservación de los fósiles</b> Codificación: 0: Mala preservación, fósiles fragmentarios y/o alterados. 1: Buena preservación; fósiles bastante completos, ocasionalmente presentan conexiones anatómicas. 2: Preservación excepcional, fósiles muy completos y conexiones anatómicas frecuentes</p> <p><b>9. Estado de las colecciones</b> Codificación: 0: No existe colección o es mínima y no aporta información fuera del indicio, o sus condiciones de preservación son muy malas. 1: Colecciones representativas. 2: Colecciones con un número excepcional de fósiles y en buen estado de conservación.</p> <p><b>b) Criterios socio – culturales</b></p> <p><b>1. Singularidad histórica</b> Codificación: 0: No hay información histórica o es irrelevante. 1: El hallazgo está convenientemente documentado. 2: Reúne peculiaridades históricas, bien por los investigadores que lo estudiaron, por la historia de su descubrimiento, por los hechos relacionados con la excavación, etc.</p> <p><b>2. Asociación con otras categorías de patrimonio</b> Codificación: 0: Además del paleontológico, no existe otro tipo de patrimonio. 1: Está asociado a patrimonio de otros tipos (geológico, arqueológico, ambiental, paleontológico de otra naturaleza, etc.). 2: Varias categorías patrimoniales forman un conjunto especialmente singular (por ejemplo parque nacional o reserva mundial).</p> <p><b>3. Extensión</b> Codificación: 0: Demasiado pequeño, o enclavado en un núcleo cerrado que no permite el desarrollo de infraestructuras para su uso. 1: Extensión moderada y/o posibilidad de habilitar infraestructuras complementarias. 2: Extensión amplia, además posibilidad de habilitar infraestructuras complementarias y de desarrollo de rutas internas.</p> <p><b>4. Accesibilidad</b> Codificación: 0: Inaccesible o con malas vías de acceso.</p>	<p>3: Hay alojamientos y restaurantes para grupos de cincuenta (50) personas a menos de 50 Km. 4: Hay alojamientos y restaurantes para grupos de cincuenta (50) personas a menos de 15 Km.</p> <p><b>6. Habitantes dentro de 25 km</b> 1: Entre 50 mil y 150 mil habitantes. 2: Entre 150 mil y 500 mil habitantes. 3: Entre 500 mil y 1.5 millones de habitantes. 4: Más de 1.5 millones de habitantes.</p> <p><b>7. Accesibilidad</b> 1: Sin acceso directo, pero el geositio se ubica a menos de 1 km de una carretera asfaltada. 2: Acceso directo por carretera sin pavimentar. 3: Acceso directo por carretera asfaltada. 4: Acceso directo por carretera asfaltada con lugar para estacionamiento de vehículos.</p> <p><b>8. Vulnerabilidad a causa de la acción del hombre</b> 1: Posible riesgo afectando todos los aspectos geológicos. 2: Posible riesgo afectando aspectos geológicos importantes. 3: Posible riesgo afectando aspectos geológicos secundarios. 4: Sin riesgo de daño.</p> <p><b>9. Asociación con otros valores (ecológico/cultural)</b> 1: Presencia de solamente un valor ecológico o cultural dentro de 5 Km. 2: Presencia de un valor ecológico y un valor cultural dentro de 5 Km. 3: Presencia de muchos valores ecológicos y culturales dentro de 5 Km. 4: Presencia de muchos valores ecológicos y culturales dentro de 2 Km.</p> <p><b>10. Monumentalidad</b> 1: El geositio es algunas veces usado en la iconografía turística a nivel de provincia o a nivel local. 2: El geositio es generalmente usado en la iconografía turística a nivel provincial o a nivel local. 3: El geositio es algunas veces usado en la iconografía turística ya sea a nivel nacional o a nivel regional. 4: El geositio es generalmente usado en la iconografía turística ya sea a nivel nacional o a nivel regional.</p> <p><b>b) Criterios para manejar el uso del potencial turístico de los geosítios</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Calidad de exposición</li> <li>2. Logística</li> <li>3. Habitantes dentro de los 25 Km</li> <li>4. Accesibilidad</li> <li>5. Vulnerabilidad a causa de la acción del hombre</li> <li>6. Asociación con otros valores (ecológico y/o cultural)</li> <li>7. Monumentalidad</li> </ol>
---	---



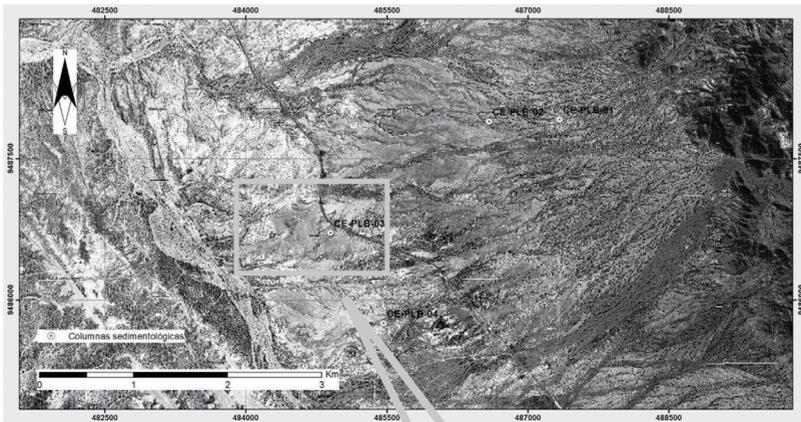
<p>1: Fácil acceso desde el núcleo más cercano y condiciones favorables de visita.</p> <p>2: Enclavado en un entorno o ruta de fácil acceso, condiciones inmejorables de visita con posibles recorridos específicos.</p> <p><b>5. Interés didáctico/turístico</b> Posibilidad de darle un uso sostenible tanto didáctico (infraestructura expositiva, museística) como turístico, a la vez que el yacimiento pueda tener un impacto social por el interés que despiertan sus fósiles.</p> <p>Codificación: 0: Carece de interés didáctico/turístico o no hay posibilidad de desarrollo de ningún tipo.</p> <p>1: Cumple los requisitos de extensión, accesibilidad y relación con vías de comunicación adecuadas, aunque no existen aún las infraestructuras convenientes.</p> <p>2: Cumple todos los requisitos y además ya posee o están en desarrollo las infraestructuras convenientes.</p> <p><b>6. Proyectos</b> Referido a la existencia de cualquier tipo de proyecto para desarrollarse en esos yacimientos, sea puramente de investigación o puramente cultural.</p> <p>Codificación: 0: No existen. 1: Existe un único tipo de proyecto. 2: Existe un plan global de desarrollo sobre el yacimiento y su entorno.</p>	<p>Los puntos anteriores poseen los mismos subcriterios que en la sección anterior a).</p> <p><b>8. Potencial recreacional</b> 1: El geositio ilustra fácilmente aspectos geológicos pero a expertos en la materia. 2: El geositio ilustra fácilmente aspectos geológicos al público con conocimientos sólidos en geología. 3: El geositio ilustra fácilmente aspectos geológicos al público con nociones geológicas. 4: El geositio ilustra fácilmente aspectos geológicos al público en general.</p> <p><b>9. Entorno social</b> 1: La localidad posee indicadores socio-económicos inferiores en relación con el promedio a nivel regional. 2: La localidad posee los mismos indicadores socio-económicos en relación con el promedio a nivel regional. 3: La localidad posee altos indicadores socio-económicos en relación con el promedio a nivel regional. 4: La localidad posee altos indicadores socio-económicos en relación con el promedio a nivel regional y nacional.</p> <p><b>10. Proximidad a las instalaciones de recreación</b> 1: Hay instalaciones de recreación dentro de 20 Km. 2: Hay instalaciones de recreación dentro de 15 Km. 3: Hay instalaciones de recreación dentro de 10 Km. 4: Hay instalaciones de recreación dentro de 5 Km.</p>
--	---

Tabla 3: Resumen y comparación de los criterios de valoración a usar para el sitio fosilífero de Pampa La Brea. Adaptado de Endere & Prado (2009) y De Lima, Brilha & Salamuni (2010).

La imagen inicial a partir de la cual se planteó proponer zonas de protección paleontológica, fue aquella de la parte central del polígono que contiene toda nuestra área de estudio (Fig. 2).

A partir de esta zona analizada se hizo lo mismo con otras más a la misma escala hasta completar el polígono rectangular que contiene Pampa La Brea, obteniendo así un mosaico con las imágenes analizadas (Fig. 3).

De esta forma, interpretando otras zonas dentro del polígono rectangular, se obtuvo una imagen con las propuestas de zonificación (Fig. 4).



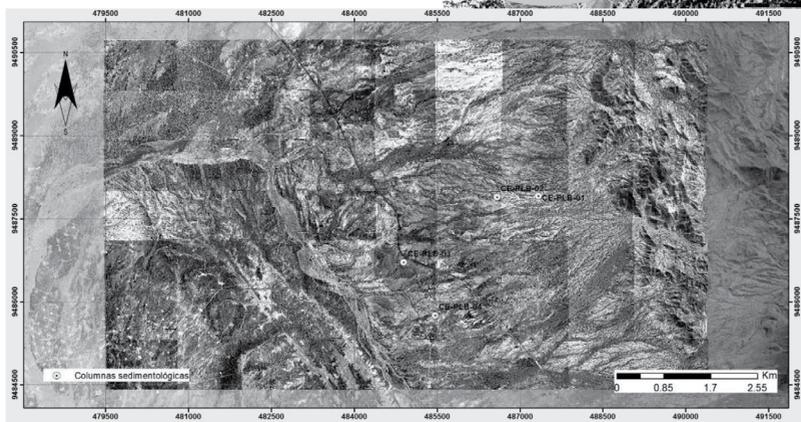
**Fig. 2:**

Arriba: Zona central dentro del polígono de la localidad de Pampa La Brea.

Derecha: Zona ampliada en la cual se aprecia el terreno con la coloración iridiscente.

**Fig. 3:**

Abajo: Mosaico generado a partir de la unión del resto de zonas con asfalto dentro del sitio.



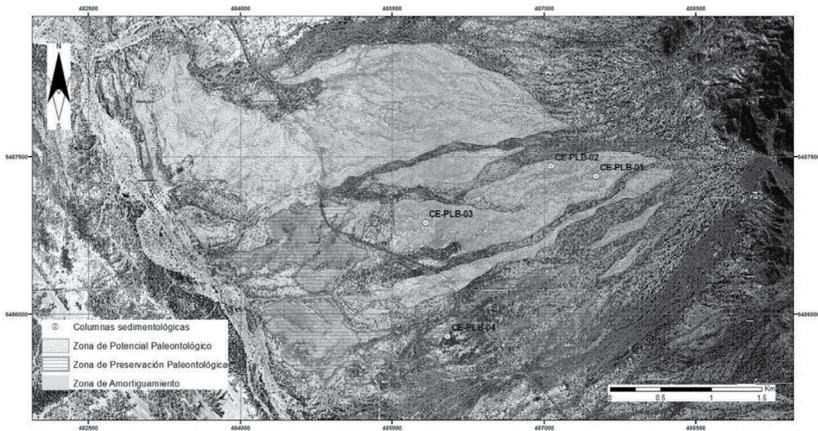


Fig. 4: Zonas de protección propuestas para el yacimiento paleontológico de Pampa La Brea.

## CONCLUSIONES

El yacimiento paleontológico de Pampa La Brea es de mucha importancia por la calidad y cantidad de su registro fósil. Además, los afloramientos de brea permiten definir mediante imágenes satelitales las zonas a considerar para el manejo y la protección del patrimonio paleontológico por parte de la institución pertinente (Ministerio de Cultura).

Finalmente, la metodología usada en este trabajo puede aplicarse a otros yacimientos paleontológicos con las mismas características de afloramiento sin descartar la aplicación de esta metodología a otros tipos de yacimientos fosilíferos, siempre tomando en cuenta que cada uno tendrá un contexto muy diferente y/o más complejo que el otro.

## BIBLIOGRAFÍA

Alcalá L. & Morales J. (1994) - Towards a definition of the Spanish palaeontological heritage. Geological and Landscape Conservation, editado por O'Halloran D., Green C., Harley M., Stanley M. & Knill J., pp. 57-61. Geological Society of London, Londres.

Alván A., Tuesta J., Navarro J. P., Martínez J.-N. & Romero L. (2009) Evolución sedimentaria y paleoambiental durante el Pleistoceno en la Quebrada El Muerto, La Brea, Talara. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, 103: 171-183. Clark J., Darlington J. & Fairclough G. (2004) - Using historic landscape characterization. English Heritage & Lancashire County Council, Lancashire.

De Lima F. F., Brilha J. B. & Salamuni E. (2010) - Inventorying Geological Heritage in Large Territories: A Methodological Proposal Applied to Brazil. *Geoheritage*, 92-98. Ed. Springer.

Endere M. L. & Prado J. L. (2009) - Criterios de selección, valorización y zonificación de yacimientos arqueológicos y paleontológicos. *Patrimonio, ciencia y comunidad.*, Capítulo 02, p. 49-65.

Grenville J. & Fairclough G. (2004-2005) - Characterization. Introduction. *Conservation Bulletin* 47:2-3. English Heritage, Londres. Morales J. (1996) - El Patrimonio paleontológico, bases para su definición, estado actual y perspectivas futuras. *El Patrimonio geológico. Bases para su valoración, protección, conservación y utilización*, editado por el Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente de España, pp. 39-51, Madrid. Morales J. (ed.) (2000) - *Patrimonio Paleontológico de la Comunidad de Madrid*. Dirección General de Patrimonio Histórico Artístico. Consejería de Educación. Comunidad de Madrid, Madrid. Morales J., Azanza B., & Gómez E. (1999) - *El Patrimonio Paleontológico Español*. *Coloquios de Paleontología* 50: 53-62.







# HISTORIA DE LA TRAYECTORIA CIENTÍFICA DE LA PALEONTOLOGÍA EN EL PERÚ (1866-2003)

---

*Rey Clarke Catherine*

*Alumna de la Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Ricardo Palma. Lima*

## **RESUMEN**

La trayectoria científica de la paleontología en el Perú ha sido extensa, originándose desde el siglo XVIII hasta la actualidad. Ya sea por su material distribuido en todo el país, desde la Costa, Sierra y Selva.

Así como también por la diversidad de pioneros científicos paleontólogos como Carlos Lissón, Pedro Tapia y Vera Alleman., sin olvidar la participación de las mujeres científicas (Roselvina Rivera y V. Alleman) en dichos estudios.

Los registros fosilíferos datan desde la Era Paleozoica (Período Devoniano y Carbonífero), la era Mesozoica (Período Triásico, Jurásico y Cretácico) y por último la Era Cenozoica (con Período Terciario y Cuaternario).

De igual manera se inauguraron importantes instituciones como el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico de la Universidad Mayor de San Marcos, (INGEMMET), y se introdujo el curso de paleontología a nivel académico superior universitario destinado a carreras de Ciencias, a lo largo de las universidades de Lima y provincias.

Sin embargo, aún hay mucho material e información sobre yacimientos fosilíferos por coleccionar y de esta manera poder enriquecer nuestros conocimientos relacionados a la paleontología.

Esta síntesis tiene como finalidad brindar una herramienta de mayor comprensión entre alumnos, docentes y profesionales enfocados a la Ciencia y público en general.

**Palabra Clave:** Ingemmet, Paleontología, yacimiento fosilífero.

## **ABSTRACT**

The palaeontology scientific research in Peru has been very extensive, starting since seventies century to now. The material comes from the whole country, the Coast, Andes and the Jungle. They were studied by a diversity of scientific like Carlos Lissón, Pedro Tapia and Vera Alleman among others. It can't be forgotten the great role of the scientific women like Rosalvina Rivera and Vera Alleman.

All this fossils registered since Paleozoic era (Devonian, Carboniferous, period), Mesozoic era (Triassic, Jurassic, Cretaceous Period, and Cenozoic era ( Tertiary and Quaternary period).

Also it has been created important institutions like the Instituto Geológico Minero y Metalúrgico de la Universidad Mayor de San Marcos, (INGEMMET) and it has been introduced the palaeontology as a course in universities Lima y provinces.

However, there is still more information and material to be collect from the many fossil deposits to increase our knowledge of this science.

This abstract pretends to show what has been done in the area of paleontology research from 1866 to 2003 year.

## **KEY WORDS**

Palaeontology, Ingemmet, fossil deposits.

## **OBJETIVO**

Recapitular la trayectoria histórica científica de la Paleontología en el Perú ya sea como materia educativa en universidades de pregrado y como trabajos científicos aportadores de historia paleontológica peruana.

## **MARCO TEÓRICO**

### **Historia de la paleontología en el Perú**

El Perú alberga grandes misterios paleontológicos, de vidas pasadas que se hayan esparcidos a lo largo de todo nuestro territorio peruano, ya sea en la región Costa, (Lima, Arequipa, Ica, Piura, Paita), Sierra, (Ancash, Pucara, Tarma, Moquegua, Huancavelica, Huallaga, Cajamarca, Cuzco) como en la región Selva (Chachapoyas, Ucayali, Amazonas).



La bibliografía existente revela una extensa lista de paleontólogos y geólogos que han contribuido al área de paleontología es vasta y amplia, ya sea desde el siglo XVIII o 1980 entre extranjeros y peruanos, recalcando la gran contribución científica de la paleontólogos y geólogos como Vera Alleman Haeghebaert, Steinmann, Carlos Lissón, Rosalvina Rivera, Lidia Romero Pittman, entre otros más.

Logrando de esa manera evidenciar la existencia de animales superiores o inferiores, ya sean vertebrados como invertebrados. Desde nanofósiles como organismos muy pequeños, ya sea moluscos, ammonites, gasterópodos, hasta mamíferos placentarios como Familias de Camelidae, Cervidae, (ciervos) Equidae, (caballos), Elephantidae, (elefantes) Mylodontidae (osos perezosos gigantes) Megatheridae, Gliptodontidae, (armadillos prehistóricos) Macrauchendidae. Estos hallados en Ayusbamba en Cuzco, La huaca en Piura, Quipán en la Provincia de Canta, Serpentín de Pasamayo, Lima. Otro legendario hallazgo fue un fósil de armadillo gigante Glyptodon sp, en el Museo de Pikillacta cerca al Cuzco.

La historia de la paleontología en nuestro país se remonta al siglo XVIII con el hallazgo de fósiles reportados por cronistas, así como Antonio de Ulloa- Von Alexander Humboldt llega en 1802 y encuentra abundantes fósiles cretácicos en Cajamarca, (entre Montan y Huambos cerca de Hualgayoc). A mediados del siglo 19 llegan al Perú gran cantidad de famosos naturalistas y paleontólogos como Alcide D'orbigny quien colecta y estudia fósiles terciarios de la región de Paita. Años después Darwin también arriba a nuestro país y estudia la isla de San Lorenzo.

Se emprendieron una serie de expediciones con notables colecciones de fósiles a lo largo de toda la historia desde Von Alexander Humboldt, Darwin, Charles Wilkens, James Orton, todos ellos recorren el país ya sea el primero en Cajamarca, luego en Paita y en la Isla San Lorenzo y James Orton recorre la cordillera oriental y el amazonas haciendo recolecciones de fósiles terciarias en Pebas que fueron luego descritos por W.E. Gabb en 1868, luego por T Conrad en 1871 t 1874, luego 1878 y luego más profundizada por L. de Greve en 1938. En 1870, cincuenta y cinco especies de moluscos miocénicos encontrados en Zorrillos, Piura, fueron descritos por E. T Nelson. Seguida por una expedición americana bajo el cargo de Charles Wilkens recorre la costa oeste sudamericana recogiendo muestras y en 1849 los moluscos cretácicos son recolectados por esta expedición en la Isla de San Lorenzo.

Las primeras publicaciones peruanas, fueron por J. Balta en 1897 y 1898, luego Fernando Fuchs quien descubre el yacimiento Mississippiano de Paracas y su contenido de plantas fósiles. El cual fue estudiado posteriormente por Edward Berry en 1922, W. Gothan, Bravo.

A finales del siglo XIX se crea la “Escuela de Ingenieros de Minas” hoy conocido como la UNI, dando origen al hoy conocido “Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico del Perú”(INGEMMET). Con la finalidad de emprender el estudio de los fósiles peruanos, su enseñanza y el establecimiento de colecciones correspondientes.

Años después se realizaron más excursiones científicas en las cuales se hizo una notable colección de fósiles Cretácicos en la Cordillera Oriental y en la región SubAndina, trabajados por Knechtel (amonites), E. Richards (equinoideos, pelecípodos, gasterópodos) y Mary Rathbun (crustáceos). Luego, la expedición de la Asociación Alpina Utró-Alemana a la cordillera blanca, dirigida por el geógrafo y glaciólogo Hans Kinzl reconoce el Pico Actambo (o Acrotambo) fósiles del Triásico superior luego estudiados por Korner ( 1937) y Raub (1938) donde describieron esponjas, corales, braquiópodos, lamelibranquios (bivalvos), gasterópodos ( caracoles) y equinoideos y escafópodos.

El investigador naturalista Antonio Raimondi también realizó colecciones de fósiles cretácicos y terciarios que los estudió y publicó años después E. William M. Gabb. Este multifacético investigador, docente, geógrafo, escritor Raimondi reporto la presencia de fósiles de mastodontes en la desembocadura del río Mayo en el Huallaga.

Se tuvo también lugar la expedición etnográfica sueca Erland Nordenskiöld en la cual realizaron casualmente una colección de graptolites, hemicordados prehistóricos. Ordovícicos que fueron luego a parar al Museo Natural de Estocolmo, también fueron estudiados por el graptolítico Oliver M. Bullman 1920 a 1930 recogidas en la región de Marcapata en el departamento de Cuzco.

El primer paleontólogo peruano fue Carlos I. Lissón, quien estudio los amonites y los Tigilletes del Morro Solar, los cuales fueron reclasificando como *Diplocraterium habichi* por Geyer y Alleman (1984) y por E. Villaviciencio (1984). Realizó investigaciones paleontológicas dedicándose a los ammonites Cretácicos, es así como publicó en



1911 un gran índice de fósiles peruanos bajo el título de “Edad de los Fósiles Peruanos y distribución de sus depósitos”, adjuntando un mapa paleontológico del Perú. La última edición fue publicada en 1942 con la colaboración de Bernardo Boit con la descripción de cuatro nuevas especies de moluscos cretácicos. El presidente fundador de la Sociedad Geológica del Perú fue Carlos Lissón.

Las mujeres también han tenido una gran participación en la paleontología peruana, ya sea por Rosalvina Rivera, la primera mujer paleontóloga de nuestro país, así como Lidia Romero y la científica Vera AllemanHaeghebaert. Rivera inició sus actividades en el Instituto Geológico del Perú y las desarrolla en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y la Universidad de Ingeniería, estudiando ammonites Cretácicos, moluscos Terciarios e inclusive carofitas terciarias en el periodo (1947, 1949, 1957,1961).

El inicio de la búsqueda de petróleo en el Oriente Peruano dio como resultado el descubrimiento de yacimientos fósiles como en el río Huallaga, en el cual se encontró un vertebrado perisodáctilo descrito por H. E Anthony (1924). Con la industria petrolera se empleó el uso de invertebrados fósiles como moluscos para el estudio de las disposición y características d las rocas sedimentarias y estratos (la estratigrafía) junto con la datación histórica (cronología) ya sea con fósiles de la formación de zorrillos, nautiloides del Eoceno, equinoideos del Mioceno, huppurites del noreste de Perú, fauna del Carbonífero Superior en los Amotapes. En 1922 se publica la obra “La geología y paleontología del noreste peruano” de T.O. Boswortgh.

Así mismo se inició el estudio de los foraminíferos y su aplicación a la geología del subsuelo en el noreste petrolero dando lugar a diversas publicaciones como las de W.Berry (1927-1932), A. Tobler (1927), “foraminíferos grandes”, J.U. Todd & R.W. Barker, 1931m1932: orbitoides; D.LFrizzell, 1943: “foraminíferos cretácicos”, B. Stone, 1946 a 195; J. A. Cushman & R.MStainforth, 1951 y L. Weiss, 1955.

En estos estudios de la cuenca Talara se hizo énfasis especial en la secuencia del Eoceno que con su enorme espesor de hasta 8,600 metros es una de las más potentes y más fosilíferas registradas en el mundo, por lo que representa una sección de referencia bioestratigráfica por lo menos a nivel continental. (Gonzales, 1976).

Fueron publicadas, reveladas por la Universidad de Johns Hopkins a inicios del 1922, con el título “Contributions of the Paleobotany of Perú, Bolivia and Chile”, el cual incluyó trabajos de Edward W. Berry (1922) sobre el Mississippiano de Paracas y las floras Cretácicas de la Isla de San Lorenzo (1925), sobre las floras Terciarias del río Aguaytia (1929) sobre frutos y semillas del Terciario inferior del noreste peruano (1937) las plantas de la formación Pariñas del noreste y 1939 la flora Cretácica de Huallanca. (Ancash).

En la localidad de Pisco se hallaron fósiles de moluscos del Triásico Superior y del Jurásico, los cuales fueron estudiados por L.R. Cox (1949 y 1956), colecciones de trabajos de campos W. Ruegg en Pisco. (Perú central por John Harrison). Años después, en los años cuarenta, en Cerro de Pasco, William F. Jenks de la Universidad de San Agustín de Arequipa, trabajó en la estratigrafía de Cerro de Pasco, publicando así una reseña y colección en gran parte del Grupo Pucara: “ La colección Jenks” la cual depositó en el Museo de historia Natural de Nueva York ( American Musseum of Natural History en Nueva York) y dio lugar a una gran monografía por Otto Haas (1953) sobre los gasterópodos del Triásico Superior del Perú Central, caracterizados por la faunas enanas.

También J. W. Wells (1941, 1953, 1956) trabajó sobre corales Cretácicos, Eocenos del noreste, y Jurásico de la región de Arequipa y Pisco. Cooke 1949-195 describió 2 nuevas especies de equinoideos cretácicos, una del Titicaca y otra de Lima.

En 1946, C.O. Dunar y N.D. Newellse publicó un estudio sobre un tipo de foraminíferos“ las fusulinas” del Pérmico Inferior en los Andes Centrales y es en 1953 que publican una monografía sobre la faunas del Paleozoico Superior en el Perú, encargándose John Chronics de los invertebrados ( exceptuando corales) y Thomas Roberts de las fusulinas.

Posteriormente, 40 especies agrupadas en 32 géneros de esporas y polen Pérmico de la región de Abancay-Cuzco fueron reconocidos (1981) Muchos años después en el 2000 se reconocen ligophytas plantas extintas y vivientes del Pérmico a lo largo de la Deflexión de Abancay.

También se describen hongos en Tarma del grupo Pennsylvaniano (1997) por Grover y fusulinas en el 201 por Wood, pequeños foraminíferos y



palinomorfos del Paleozoico Superior en el alto Urubamba y en la cuenca de Madre de Dios. También descubren mioesporas en Tarma en el Pongo de Mainique en el 2002 por Azcuy et al.

En la región de la selva, se descubrieron toxodóntidos, roedores, armadillos, cocodrilos, tortugas y peces en el río Utoquinéa, afluente del Alto Ucayali por Franz Spillman, (fauna amplia de vertebrados). Así como también un yacimiento donde se recolectó la mandíbula de un caimán gigantesco en Quebrada Grasa, en el río Inuya, afluente también de Ucayali. De acuerdo a Rodolfo Salas se estima que tuvo una longitud de 16 metros y un peso de varias toneladas. Apuntando al sureste, en el departamento de Madre Dios, se encontró un yacimiento similar más joven del Mioceno Superior-Plioceno, en el cual se ha descrito un nuevo proboscídeo, *Amahuancatherium peruvium* (Romero Pittman, 1996 ; Campbell, Fraily & Romero-Pittman, 2000).

Un primer estudio de braquiópodos órtidos y estrofofoménidos de la formación Ordovícica San José fue realizado por Gutiérrez- Marco y E Villa (2007).

Así mismo se ha encontrado al noreste de Ayaviri (Puno) una serie de fósiles inusuales y enigmáticos como cornulítidos, cnidarios, gasterópodos, bellerofóntidos y poríferos y hasta espículas de esponjas (Chacaltana et al. 2010). Fue presentada una revisión taxonómica y bioestratigrafía de los braquiópodos calcíticos del Ordovícico, Inferior, Medio, Superior en el Perú por Vilas, E. et al. (2010).

## **HALLAZGOS DE PALEOFAUNA EN PERÚ**

- Diatomeas de genero *Mesodyction* y *Thalassiosira*
- Graptolites
- Ammonites *Archaias Peruvianella peruviana*
- Fusulinas ( Foraminíferos)
- Pecten Cretácico
- Gasterópodos
- Micropoditos de crustáceos
- Lamelibranquios ( bivalvos)
- Equinoideos ( erizos de mar)
- Esponjas
- Escafópodos

- Braquiópodos
- Moluscos
- Estramotolito Collena
- Probóscideo Amahuacatherium peruvium
- Armadillo gigante glytodonsp
- Mastodontes
- Estramotolito Collena
- Caimán gigante

### **La Paleobotánica y la Palinología:**

El campo de la paleobotánica no quedó atrás sin embargo fue aperturado por Raymond Peck y Recker en 1947, los cuales dieron inicio al estudio de las carofitas, en el Perú, Koch y Blissenbaj (1960) aportaron un extenso trabajo en los cuales daba a conocer la gran utilidad de estas algas fósiles en la bioestratigrafía de las capas rojas del Cretácico Superior y Cenozoico en la región Andina y en el Oriente. También se adicionaron estudios de R. Rivera (1961) y M. Gutiérrez (1975).

La paleobotánica no ha sido muy investigada en nuestro país, 400 publicaciones y el resto inéditas. Esta rama es una subdisciplina de la paleontología, que trata del estudio de los restos vegetales de las eras geológicas anteriores al Holoceno.

Los primeros trabajos datan del siglo 19 por A. Brogniart (1801-1876). Y en el Perú se desarrolló en el siglo 20 a partir del hallazgo de Federico Fuch, haciendo hincapié en la extracción de carbón, petróleo y estudios de mapa geológico.

Victor Carlotto, Etienne Jaillard y Rene Marocco, han contribuido a través de múltiples trabajos de correlaciones geológicas. Hermann Pfefferkorn, paleontólogo de la Universidad de Heidelberg, Alemania y luego de la Universidad de Pennsylvania, Estados Unidos destaca en paleobotánica del periodo Carbonífero peruano desde los últimos 20 años. Luego esta Edward Berry quien publicó un totalidad de aporte taxonómico de la paleoflora en la primera mitad del siglo.

### **HALLAZGO DE PALEOFLORA EN PERÚ**

#### **(Miosporas, Pteridosperma, Licophytas, Sphenópsidos)**

Posteriormente la palinoflora del Grupo Ambo en la región del Titicaca fue estudiada por M. Vavdrova, P.E. Isaacson, E. Díaz Martínez, J. Beck



y Roberto Ianuzzi et. Al. (1993, 1994,1998). Concluyendo así que había continuidad estratigráfica entre el Devónico y el Mississippiano con Azcuy t Suarez- Sorucco ) 1990-1991-1993).

Se realizaron una serie de publicaciones como la obra “Cretaceous System of Northern Perú” enfocada a la taxonomía de Ammonites y la Bioestratigrafía del Albiano y su correspondiente fauna de ammonites fue efectuada por Emmanuel Roberts (2000). Anteriormente Pedro Tapia, Jacay y Aldana, quienes publicaron relaciones de los ammonites de las regiones de Chauca y de Ancash y Huánuco. Bizón et. Al. presentan el nuevo subgénero de una nueva especie: *Archaicas Peruvianella peruviana* del Senoniano cordillerano.

De igual manera se realizaron expediciones inéditas como la ocurrida en la localidad de la Brea en Talara, donde se presentó un importante yacimiento de fósiles del Pleistoceno de gran escala comparable al yacimiento de Rancho La Brea en California – Estados Unidos. Esta incluía vertebrados, moluscos e insectos, en los primeros hay clases de Amphibia, Reptilia , Aves y Mammalia que fueron tratados en diversas publicaciones por Churcher (1959-1962), Lemonn and Churtcher 1961. Dando informaciones necesaria para la elaboración de un diorama, maqueta. En el Museo de Royal Ontario en Toronto Canadá.

La Palinología (el estudio del polen y las esporas) ha sido también estudiado ya sea en el periodo del Jurásico Superior y el Cretácico por trabajos puntuales como G. J Brenner, Lammons, Álvarez. Un importante avance en la palinología fue acontecido en la Universidad el Chiba del Japón, por los años 1973 y 1979, se desarrolló un trabajo llamado “Paleontological Study on the Andes.

Años después aquella universidad también promovió un Estudio Bioestratigráfico de los Grupos del Paleozoico y Mesozoico en los Andes Centrales durante el año 1999, particularmente en Tarma, Copacabana y Pucara. Bajo la dirección de Sumio Sakagami en los cuales se encargaron de las fusulinas, briozoarios, (Yanagida) de los braquiópodos, (Ishibashi y Kawabe) de los moluscos y (Sugiyama) de los corales. Otro gran aporte de la comunidad científica japonesa fue en 1990 y 1996 en la cual la Universidad de Shizuoka desarrollo un estudio sobre la Bioestratigrafía del Cenozoico en la costa Pacífica del Perú, especialmente acerca de los foraminíferos planctónicos terciarios, en una serie de trabajos científicos publicados también.

Un posible estramolito (colonia de bacterias prehistóricas) fue encontrado en la región de Marco , en Ica, por J. Injoke y Romero en los años 1986, ellos denominaron género *Collenia*, fue considerado como Precámbrico Superior, en otras palabras: “el fósil más antiguo conocido en el Perú”.

En 1989, Villavicencio describió microfósiles (diatomeas, dfinoflagelados, silicoflagelados, y radiolarios) de la formación de Miocenas Zapayal de la región de Sechura, Piura. Aldana publica sobre los ammonites Cakivuabis de la región de Puno. Luego una considerable monografía sobre la fauna de ammonites del Grupo Pucará (Triásico superior- JurásicoInferior) del norte del Perú fue publicada en 1985 pro Peter Prinz profesor de la Technische Universitat Berlín.

Estos estudios fueron continuados por Axel von Hillebrandt, quien publicó una reseña sobre la secuencia Cretácica de la cordillera al este de Lima, estudio las faunas de Ammonites del Jurásico y Triásico de los Andes argentinos y chilenos. También registró entre Chachapoyas, Leimibamba, secciones marinas con faunas de ammonites muy significativa, que incluye el Triásico y el Jurásico, proponiendo de esa forma usar el estándar de referencia para el límite de dichos periodos en Sudamérica. Frente a la Comisión Internacional sobre la Estratigrafía Jurásica de la Unión Internacional de Ciencias Geológicas.

## DIAGRAMA DE YACIMIENTOS DE FÓSILES ENCONTRADOS EN PERÚ





El tectonista M. Mattauer al descubrir un yacimiento de vertebrados fósiles, halla el primer mamífero Mesozoico descubierto en América del Sur en Formación Vilquechico en Sillustani a orillas de la laguna Umayo (PUNO). También se han encontrado huellas de dinosaurios en Querullpa ( Arequipa), Antamina (Ancash), Moquegua y Pongo de Mainique ( Alto Urumbaba) y en Sicuani (Cuzco).

En la zona del Pongo de Rentema (Río Marañón) en el norte del Perú, MoPurir et al (1988) colectaron una importante fauna de finales del Cretácico, que consistía en seláceos (tiburones, rayas, identificados por H. Cappeta), reptiles, entre otros más.

### **Paleobotánica del siglo XX en el Perú:**

Cronología del curso de paleontología en la educación superior universitaria del Perú.

Al principio la mayor contribución en esta rama era extranjera, ya que a nivel nacional existen pocas revistas especializadas en áreas afines y ninguna especializada en Paleobotánica. Sin embargo las publicaciones se hallan en ediciones nacionales relacionadas con Geología, como Boletines del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, y la Sociedad geológica del Perú en congresos. Existen también contribuciones publicadas en diversos medios de difusión científica como:

- Boletín del Instituto Francés de estudios Andinos
- Academia de Ciencias, ( Paris, Francia)
- Revistas: Biotempo, Ciencia, Tradición y revista de Ciencias del Departamento de Ciencias, todas ellas procedentes de la Universidad Ricardo Palma.
- Bibliotecas de la Sociedad Geológica del Perú
- Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico de la Universidad Mayor de San Marcos
- La Universidad Nacional de Ingeniería.
- Bibliotecas de empresas privadas como Petro-Perú
- Instituto Particular Francés de Estudios Andinos.

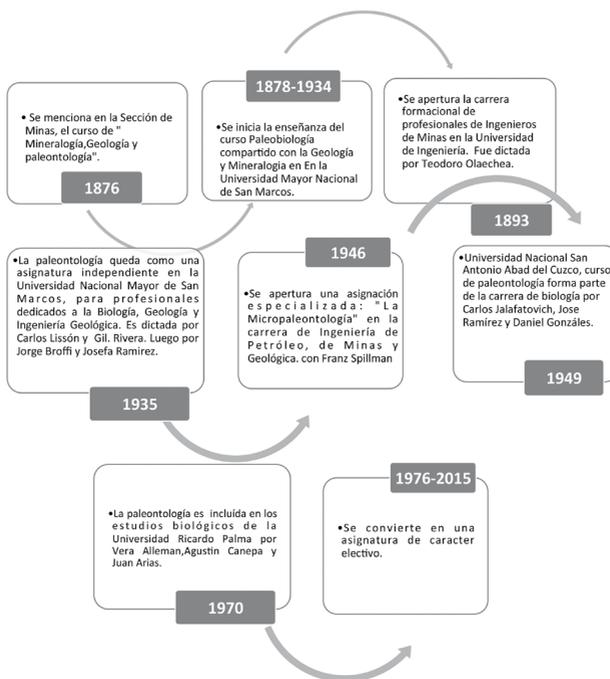
A partir de final del siglo hay un aumento considerable, desde 1991 y 1999 hay aportes a través de congresos nacionales de geología, luego hay una caída en las ediciones a partir de la segunda mitad de los 1990. Se presume que una de las causas sea la omisión de la tesis obligatoria para optar por grados y títulos.

La mayor cantidad de contribuciones científicas refieren al Cenozoico (226) y la menor a el Paleozoico (88). Siendo los departamentos más representativos Ica, Lima y Piura. Paracas, por el carbonífero Paracas, Piura por estudios de la exploración y extracción del petróleo y Lima debido a cercanía a los centros universitarios en las carreras afines.

### La educación en paleontología en la formación del biólogo peruano (1866-2003):

Tras haber indagado en la Base de Datos de Paleobotánica y Palinología del Perú (Alleman y Huamán, 2004) y en los centros de estudio relacionados con la formación universitaria de biología, se analizaron universidades nacionales de Lima y de provincias.

A continuación se presenta una línea de tiempo que explica la evolución en la enseñanza en nuestro país. Pese a toda esta trayectoria se ha



Línea de tiempo acerca de la enseñanza del curso paleontología en el Perú



observado una tendencia recesiva en el formato de la paleontología ya sea que solo ha permanecido de forma general, introductorio elemental más no como un curso de paleontología especializada.

De esta manera existe una gran carencia de profesionales nacionales en Paleontología a comparación de participaciones de países contiguos.

En la actualidad el curso de paleontología se presenta como general y especializada en el caso de la Micropaleontología en la Universidad Nacional del Altiplano, Puno.

## **CONCLUSIONES**

La conclusión final de esta síntesis es dar a conocer la extensa trayectoria de la historia de la paleobiología en nuestro país, siendo presentes fósiles de diversas especies citados a lo largo de todo el territorio peruano, ya sea costa, sierra y selva, así como la extensa y enriquecedora contribución científica de paleontólogos peruanos y extranjeros.

Sin embargo, aún quedan muchos misterios por esclarecer, ya sea más yacimientos, nuevas especies, entre otros que puedan continuar acercándonos a la comprensión de la vida pasada en nuestro planeta.

## **AGRADECIMIENTOS**

Mis sinceros agradecimientos a la profesora Vera Alleman Haeghebaert por darme la oportunidad de redactar dicha monografía, así como también por motivarme e inspirarme en el estudio de tan interesante rama de la biología.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ALLEMAN, V. (2006). Algunos datos sobre la historia de la enseñanza en paleontología en el Perú y su evolución. (1866-2003). Resúmenes extendidos XIII. Congreso Peruano de Geología. Sociedad Geológica del Perú: 3-6
- ALLEMAN, V. (2007). La educación en Paleontología en la formación del biólogo peruano (1866-2003) Tradición. Universidad Ricardo Palma. Segunda época N: 69-72.
- ALLEMAN, V.(2011). Consideraciones referentes a la paleobotánica del siglo XX en el Perú. Xilema, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima: 42-45.

- ALLEMAN, V. & L. HUAMÁN (2004). Evolución de la Investigación en Paleobotánica y Palinología del Perú en el siglo XX. Revista de Ciencias. Universidad Ricardo Palma: 1-6.
- ROMERO L., ALDANA M., RANGEL, C., VILLAVICENCIO E., RAMÍREZ, J. (1995) Fauna y flora fósil del Perú. Boletín N°17. Serie D: Estudios Especiales. Instituto Geológico Mínero y Metalúrgico. Lima, Perú.
- BENAVIDES, V. 2011. Las investigaciones sobre la paleontología peruana. Museo de Historia Natural. Boletín "El Zarcillo". Edición N° 4. Universidad Ricardo Palma.







# REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA: FÓSILES DEL DEPARTAMENTO DE PASCO

---

*Pacherres Pinto, Mianggella<sup>1</sup>; Villaseca Robertson, Andrea<sup>2</sup>*

*<sup>1,2</sup> Universidad Ricardo Palma. Av. Benavides 5440 Urb. Las Gardenias., Lima-Perú*

*Email: a.villaseca.r@outlook.com<sup>2</sup>*

## RESUMEN

Se elabora una recopilación bibliográfica con las investigaciones publicadas en la zona, se mencionan 384 fósiles hallados en el departamento de Pasco con los cuales se realiza un análisis utilizando los siguientes datos: edad geológica, provincia y unidad litoestratigráfica donde se reportó el hallazgo.

Se puede concluir que la riqueza paleontología de la región Pasco estaba basada en Animales (hemicordados, vertebrados e Invertebrados) y Plantas.

**Palabras Clave:** Mesozoico, Grupo Pucara, carofitas

## Abstract

A bibliography is made with the published researches in Pasco, 384 fossils were founded there and we used data like geological age, lithostratigraphic unit and exact location. We can concluded that paleontology richness of this region was based on animals as hemichordate, vertebrates and invertebrates, and plants.

**Keywords:** Mesozoic, Grupo Pucara, charophytes

## INTRODUCCIÓN

Este trabajo es una investigación en curso de una monografía de revisión bibliográfica preliminar a la elaboración del proyecto “Fósiles del Departamento de Pasco”, realizado como investigación bibliográfica de las prácticas de la asignatura de Paleobiología de la carrera de Biología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Ricardo Palma en la cual se ofrecen resultados preliminares. El objetivo de este trabajo es realizar un inventario de los fósiles reportados en el departamento de Pasco donde se evaluará la abundancia por provincia, edad y reino; cuya utilidad consistirá en reportar la paleontología de la región y la ubicación de las localidades fosilíferas mencionadas en las publicaciones de la especialidad.

Los fósiles son “testigos o pruebas actuales de la vida transcurrida en las diversas épocas geológicas, conservados en la corteza terrestre” (Camacho, 1966)

La prioridad del estudio se centra en que es indispensable generar una identidad y respeto de la población hacia su patrimonio paleontológico. La aplicación directa se dirige a la educación de los pobladores locales debido a que no existe la documentación fácilmente accesible de fósiles de la zona y, finalmente hay que generar inclusión social de los habitantes locales por este tipo de tópicos en el desarrollo de la población y su bienestar.

Cerro de Pasco es un departamento que está conformado por tres provincias: Daniel Alcides Carrión, Oxapampa y Pasco. La bibliografía consultada consiste en publicaciones científicas, cuadrángulos de la Carta Geológica Nacional y Bases de datos paleontológicas donde se describen la Paleontología (fauna y flora) del lugar.

Es posible apreciar de acuerdo a lo reportado en la documentación geológica que las rocas sedimentarias pertenecen a las eras Paleozoica, Mesozoica y Cenozoica; lo cual nos da una idea de la evolución de la vida en este departamento.

### **Materiales y métodos**

El procesamiento de la información se realizó a través de fichas que contenían cuadros de doble entrada con las categorías de: fósil, localidad, unidad litoestratigráfica, edad geológica, página, autores y anotación. Posteriormente los datos fueron procesados con Microsoft Office Excel 2007

### **Resultados y discusión**

Los 384 fósiles fueron registrados en sus respectivas eras geológicas, unidades litoestratigráficas, categoría taxonómica a nivel de reino, era, periodo, localidad.

#### **1. Contribución por categoría taxonómica**

Existe una abundante cantidad de especies animales divididas principalmente en dos reinos: Plantae y Animalia, el primero solo cuenta con el reporte de tres especies de plantas superiores (*Brachyphyllum pompeckij* y *Otozamites neumanni*) y Carofitas (Representada principalmente por *Porochara gildemeisteri gildemeisteri* y *Porochara gildemeisteri costata*).



El reino Animalia se divide en dos grupos principales, el primero de los Invertebrados representados por los phylum Brachiopoda, Echinodermata y Mollusca con las clases Bivalvia y Cephalopoda y Graptolita y el segundo por escasos vertebrados.

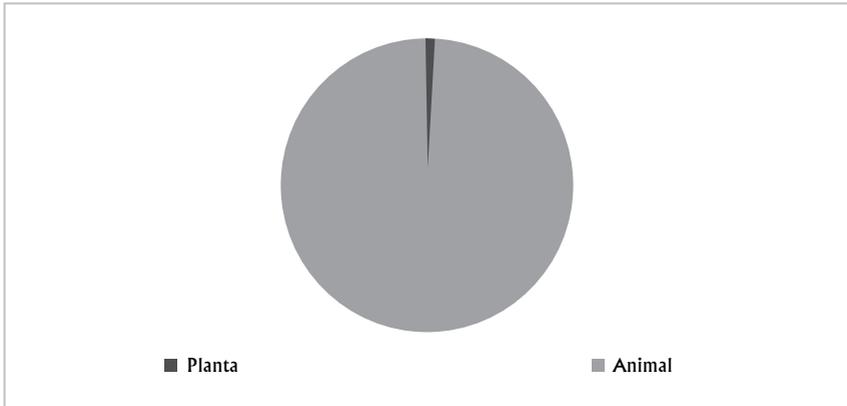


Gráfico 1: Contribución por categoría taxonómica a nivel de reino.

## 2. Contribución por Provincias

<b>PASCO</b>	
Altiplanicie de Cerro de Pasco	2
Atacocha	3
Cerro cumbre	1
Cerro Huaygaga	2
Cerro Uliachi	4
Cerro Uliachin/Conglomerado de Uliachin	39
Churinn (este con Pasco)	4
Colquijirca	4
Cueva Sanson Machai	1
Cueva Sanson Machai (cerca de Cerro de Pasco)	1
Hacienda Huanca	2
Hda. Huanca ( 18Km al E. de Cerro de Pasco)	2
Huachon (Este de Cerro de Pasco)	1
Huachuacaca	3
Jumasha	8
La Quínuá	21
Malauchaca	3
Milpo	6
Ninacaca	12
Pasco	18
Pasco viejo (Sur de Cerro de Pasco)	14
Qda. De Huachuagaga	12
San Gregorio Mascacan	1
Uliachin	1
Yanacocha (cerca de Cerro de Pasco)	6
<b>DANIEL ALCIDES CARRION</b>	
Goyllarisquisca (Distrito de Chacaya)	2
Valle Chaupihuranga	10
<b>OXAPAMPA</b>	
Al Oeste de Tambomaría	2
Chontabamba	1
Grapanazu	5
Mezapata	1
Oxapampa	36
Puerto Bermúdez	49
Qda. Santa cruz y Churuchurras	4

Tabla 1: Contribución por provincias



LOCALIDADES VECINAS	
Cercanías de Cerro de Pasco	47
Alcacochoa	1
Cerro el Paraíso	5
Cerro Pariajirca	3
Haira-Valle de Chinchao	12
Huachuash	1
Huaraucaca y Vinchuscancha	9
Loma Calaucancha	2
Quebrada Atacocha	8
Quebrada Calcaconcha	1
Quebrada Sharpa	6
Quebrada Sharpa	9
Tambo del Sol Viejo	1
Valle Paucartambo	1

Tabla 2: Ubicaciones aledañas a los distritos de Pasco

### 3. Contribución por eras geológicas

La mayor cantidad de los fósiles se encuentran en la Era Mesozoica (257) seguidos por el Paleozoico (62) y finalmente el Cenozoico.

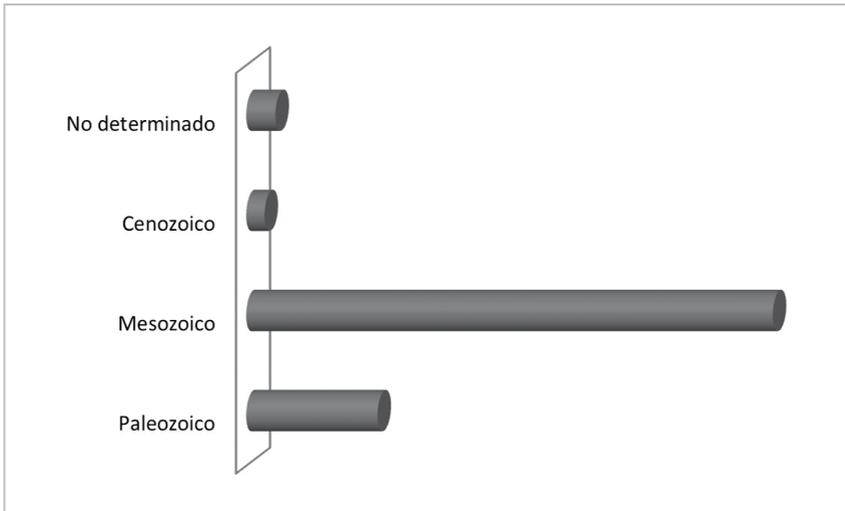


Gráfico 2: Contribución por Era

#### 4. Contribución por unidad litoestratigráfica

La mayoría de fósiles reportados no presentan una unidad litoestratigráfica determinada entre las unidades litoestratigráfica donde se han reportado mayor cantidad de fósiles se encuentran el Grupo Pucara y la Formación Chambara.

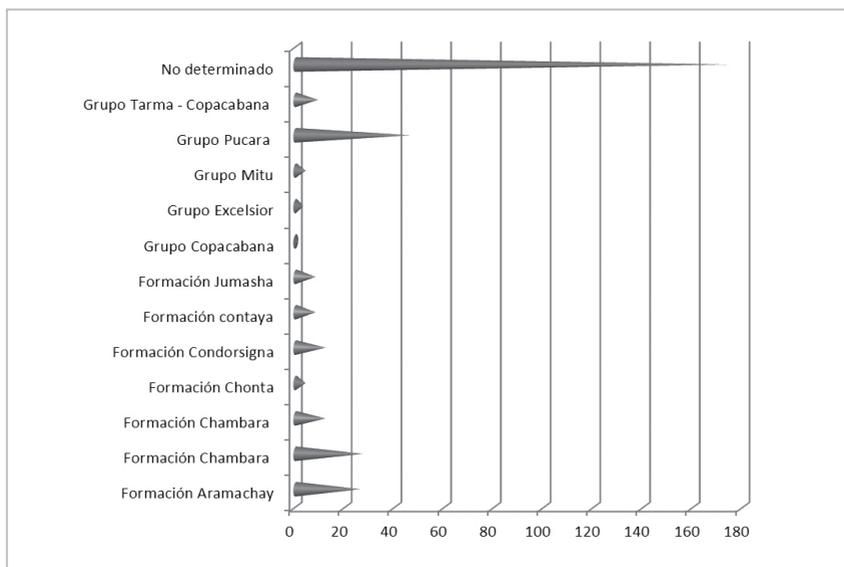


Gráfico 3: Contribución por unidad litoestratigráfica

#### 5. Imágenes representativas de los algunos grupos

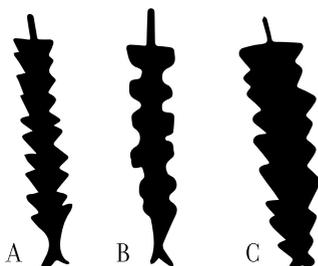


Imagen 1: Grupo Graptholitina  
(A) *Diplograptus* sp (B) *Climacograptus ruedemani* (C) *Glossograptus ciliatus*



IMAGEN 2



IMAGEN 3

Imagen 2: Reino plantae (carofitas) Foto: María Lucia Rivera Imagen 3: Phylum Brachiopoda

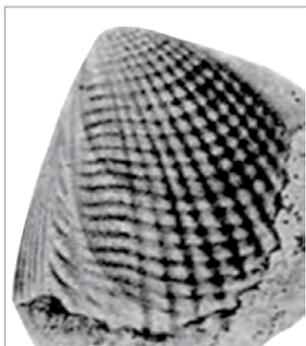


Imagen 4: Phylum Molusca, Clase Bivalvia, especie *Myophoria pascoensis* STEINM. Triásico superior. Cerro Uliachi, cerca de Cerro de Pasco. Parte anterior de la valva izquierda Fuente: STEINMANN, G (1930) Geología del Perú.

## CONCLUSIONES

Se realizó un inventario de paleontología que comprende una base de datos de tipo bibliográfico, la cual se puede adquirir por contacto vía e-mail. La diversidad paleontológica registrada hasta la fecha en el departamento de Pasco se basa principalmente en reporte de Vertebrados, Invertebrados (Brachiopoda, Echinodermata y Molusca ) y Plantas (Brachyphyllum pompeckij, Otozamites neumanni y carofitas)

Esta revisión constituye un paso preliminar obligatorio en cualquier estudio o publicación sobre una obra referente a los fósiles del Departamento Cerro de Pasco debido a que no existen colecciones de tipos y otros fósiles en Perú o en el extranjero.

## **Agradecimientos**

A la Universidad Ricardo Palma y a la profesora Vera Alleman por el apoyo concedido para el desarrollo de esta investigación.

## **Bibliografía**

ALLEMAN V (1999) La Base de Datos de Paleobotánica y Palinología del Perú. Primer Congreso Internacional de Biología y XIII Congreso nacional de Biología. Lima.

ALLEMAN V, HUAMÁN, L (2002) La tecnología al servicio del desarrollo de la ciencia básica: La base de datos de paleobotánica y palinología del Perú. Scientia Volumen IV, 4. URP: 165-171

CAMACHO H (1966) Invertebrados fósiles., Ed. Universitaria de Buenos Aires.

COBBING, J; SILVANA, Q & PAZ, M (1996) Geología de los cuadrángulos de Ambo, Cerro de Pasco y Ondores Bol. N° 77 Serie A, INGEMMET.

STEINMANN. G (1930) Geología del Perú., Ed. Winters, Heidelberg  
LISSON, C; BOIT, B. (1942) Edad de los fósiles peruanos y distribución de sus depósitos. Ed. IV. pp. 26- 27, Lima

GEOCATMIN [www.Geocatmin.ingemmet.gob.pe/m/](http://www.Geocatmin.ingemmet.gob.pe/m/) Revisado el 30-08-2015 a las 15:00 horas

MONGE, R; LEÓN, W; CHACÓN, A (1996) Geología de los cuadrángulos de Chuchurras, Ulcumayo, Oxapampa, la Merced. Bol. N° 78 Serie A., INGEMMET pp 159.

RODRIGUEZ,R; DIAZ-MARTINEZ, E, REITSMA, M. (2014) Diacronismo en la sedimentación del Pensilvaniano-Pérmico Inferior entre las zonas subandina y la cordillera Oriental: La sección de la Hacienda Huana (Cerro de Pasco) y su relación con los grupos Tarma y Copacabana y Formación Ene. Resúmenes XVIII Congreso Peruano de Geología “Alberto Benavides de la Quintana”, Soc. Geol. Perú.

ROMERO, L; ALDANA, M; RANGEL, C; VILLAVICENCIO,E; RAMIREZ, J (1995) Fauna y Flora fósil del Perú. Bol N° 17 Serie D.17, INGEMMET



S&Z Consultores Asociados (1997) Geología de los cuadrángulos de Bajo Pichanaqui y Puerto Bermúdez Bol N° 85 Serie A.17, INGEMMET

VILLASECA, A (2015) Base de datos de paleontología del Perú entre los años 2000 al 2014. Resúmenes XIII de Jóvenes Investigadores en Paleontología.





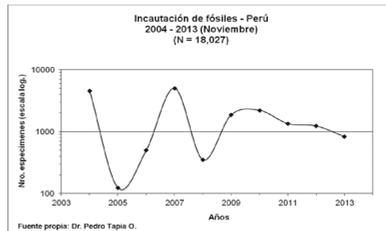
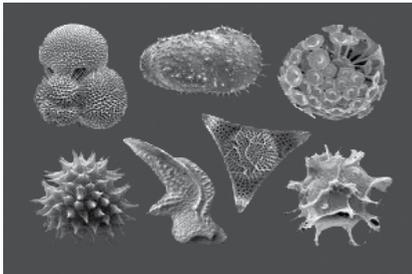
# PATRIMONIO PALEONTOLÓGICO MUEBLE

Nohemí Villena.

Dirección Desconcentrada de Cultura de Cuzco

El Perú es muy rico en bienes paleontológicos, encontramos fósiles en variados estratos y sedimentos, desde rocas antiguas del Paleozoico hasta rocas y sedimentos más recientes del Cuaternario.

**PALEONTOLOGÍA:** descubriendo el pasado, al estudiar restos fósiles, que son la evidencia de:



Ambientes marinos con amplia diversidad biológica.



Ambientes continentales con amplia diversidad biológica.

### **Qué es un bien paleontológico?**

Todos los fósiles con interés paleontológico generados en el territorio nacional, que se encuentren en su ubicación natural o que hayan sido removidos en su contexto original o extraídos del territorio nacional; incluye espacios cubiertos por agua y el subsuelo.

Esta biodiversidad del pasado peruano, sin embargo, es amenazada por el tráfico ilícito de bienes paleontológicos. Esta ilegal actividad, además de bandalizar y destruir los yacimientos paleontológicos donde se encuentran los fósiles, ocasiona que estos sean usados como insumos para el comercio de objetos de recuerdos, vendiéndose como souvenirs en las galerías y puestos artesanales a nivel nacional.

### **LEGISLACIÓN SOBRE EL PATRIMONIO PALEONTOLÓGICO**

- Constitución Política del Perú 1993 – Artículo 21.
- La Convención de la UNESCO - París 1970: “Convención sobre las Medidas que deben Adoptarse para Prohibir e Impedir la Importación, Exportación y la Transferencia de Propiedad Ilícita de Bienes Culturales” Aprobada por el Perú el 18 Setiembre de 1979.
- Convenio de UNIDROIT sobre los Bienes Culturales Robados o Exportados Ilícitamente; Roma, 24 Junio 1995.
- Ley N° 24047 Ley General de Amparo al Patrimonio Cultural de la Nación - Artículo 1; del 3 de enero 1985.
- Ley 26576, de 1995; modifica el inciso 2) del Artículo 4, de la ley 24047.
- Ley N° 28296 Ley General del Patrimonio Cultural de la Nación; del año 2004.
- Ley del Procedimiento Administrativo General – Ley N° 27444.
- Reglamento de la Ley General del Patrimonio Cultural de la Nación, aprobado por Decreto Supremo N° 011-2006-ED.
- Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Cultura, Decreto Supremo N° 005-2013-MC.
- Reglamento General de Aplicación de Sanciones Administrativas por infracciones en Contra del Patrimonio Cultural de la Nación, aprobado por Resolución Directoral Nacional N° 1405/INC del 23/ Dic./2004, publicada el 26/05/2005 y modificada por Resolución Directoral Nacional n° 632/INC del 21/05/2007.
- Directiva N°001-2014-VMPCIC/MC “Procedimiento de incautación de bienes muebles pertenecientes al Patrimonio Cultural de la Nación”, la misma que en documento anexo forma parte de la presente Resolución.” aprobada por RVM 076-2014-VMPCIC-MC del 21/08/2014.



## IMPORTANCIA Y USOS DE LA PALEONTOLOGÍA

Se apoya en otras disciplinas, para realizar estudios de Paleontología debemos de seguir los principios, métodos y técnicas tanto de las ciencias de la vida (Biología) como de las ciencias de la tierra (Geología).

Nos ayuda a plantear preguntas sobre el origen de la vida (animales, plantas, humanos) y sus extinciones globales y locales.

Brinda la posibilidad de conocer su ambiente, los cambios climáticos, diferentes ecosistemas.

Ayuda a reforzar los conceptos de la Evolución.

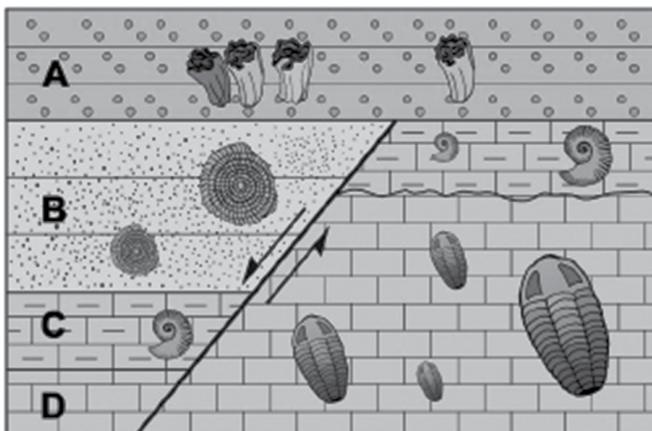
Representa un valor patrimonial, por ser testigos de la vida pasada.

Despierta curiosidad por un mundo diferente, lejano, perdido.

Valorar patrimonialmente los yacimientos paleontológicos, para una gestión correcta y eficaz del patrimonio paleontológico.

Las colecciones paleontológicas son materia prima que ayudan a preservar las especies, a conservarlas y mantenerlas, así como para realizar investigaciones.

Los fósiles guía, permiten saber la edad de los estratos (bioestratigráfico), que aparecen en un corte vertical del suelo.



## **LUGARES DECLARADOS CON VENTA DE FÓSILES**

1. Galerías artesanales de Cusco: Machupicchu (Aguas Calientes), Ollantaytambo, Pisac, Chincheros: en Cusco.
2. Playa El Chaco en Paracas, Ica.
3. Galerías artesanales en Lima: Miraflores, galerías de La Avenida La Marina, Centro de Lima.
4. Mercados de pulgas de Barranco.
5. Galerías artesanales de Cajamarca.
6. Galerías artesanales de Huaraz.
7. Toda galería artesanal en Provincia (San Martín, Loreto).
8. Playas de Máncora, Piura

Estos fósiles, así, pasan a formar parte de adornos, como dijes, collares, aretes, pendientes, posavasos y pisapapeles, sin importar el daño causado al fósil y la pérdida de su importancia como evidencia en la historia de la vida y de la Tierra.

Otro problema común es el deficiente manejo del material fósil, incluyendo las extracciones ilegales que se hacen para incrementar colecciones privadas, como material de enseñanza o con fines científicos. Es necesario regular las extracciones para diversos fines, pues el material paleontológico es único y raro ya que son muy pocos los organismos que se transforman y preservan como fósiles.

## **ANTECEDENTES SOBRE LAS INCAUTACIONES DE FÓSILES**

Con la Ley 28296; se asigna al Ministerio de Cultura como ente competente del Patrimonio Cultural de la Nación, creándose el Área Funcional de Defensa del Patrimonio, desde entonces se aplica toda normatividad relacionada a bienes culturales, en este caso al Patrimonio Paleontológico Mueble.

En ese entender, está prohibida la comercialización de fósiles en el Perú, y en Cusco desde el año 2014, se viene trabajando de forma coordinada, en el Aeropuerto Internacional Alejandro Velasco Astete, conjuntamente que la SUNAT-ADUANAS, la Policía Fiscal y CORPAC; a cuyo personal se capacita periódicamente para contar con su eficiente apoyo en la incautación de bienes muebles, con énfasis en bienes paleontológicos que son los que más se trafican ilícitamente.

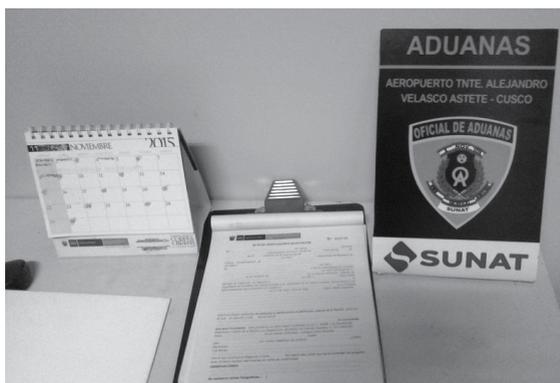


Así también, se viene trabajando de manera coordinada con la Policía Fiscal, para realizar incautaciones inopinadas en ferias y mercados artesanales de Cusco y provincias.

## **INCAUTACIONES PALEONTOLÓGICAS**

Las incautaciones siguen un orden:

- 1° Trabajadores de CORPAC, detectan el bien mueble paleontológico, dan aviso a la línea aérea a la que corresponde para que den aviso al pasajero.
- 2° CORPAC también notifica al personal del Ministerio de Cultura, ADUANAS-SUNAT y Policía Fiscal: para que verifiquen el bien mueble, para proceder a su incautación, llenando el acta respectiva, con todas las generales de ley, con el cual se envía al AFDP.

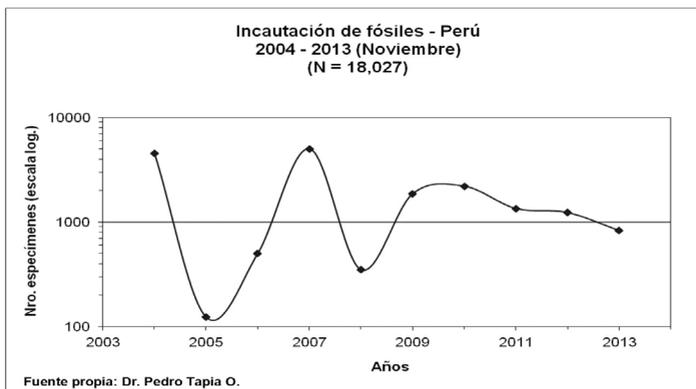


Acta de incautación del MC.

- 3° Se verifica que el bien sea peruano y se procede a la identificación y elaboración de un informe técnico, con el cual se envía al Área Funcional de Museos “Casa Garcilaso”, para que lo certifiquen.
- 4° Luego se procede a elaborar el Informe de Procedimiento Administrativo Sancionador en contra del propietario del bien paleontológico mueble.

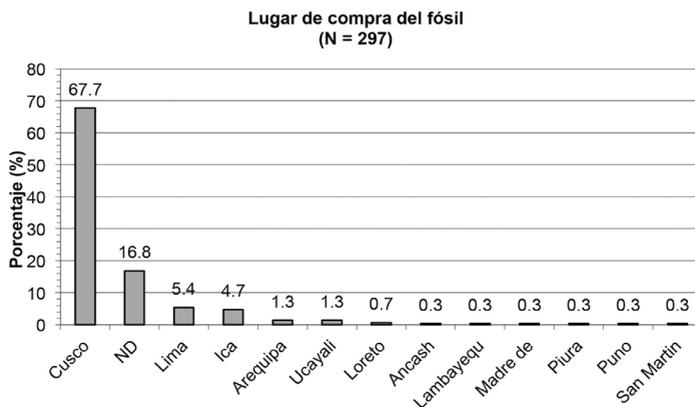
GUIA PALEONTOLOGICA, el Ministerio de Cultura cuenta con una Guía Paleontológica de mucha ayuda, elaborada por el Dr. Pedro Tapia Ormeño y José Apolín Meza, los cuales se han repartido en las capacitaciones que se han venido realizando.

## DATA HISTÓRICA



De acuerdo a esta data, las incautaciones han venido disminuyendo en Lima, de acuerdo al informe del Dr. Pedro Tapia O., caso similar sucede en el módulo del Aeropuerto Internacional Alejandro Velasco Astete desde el 2014 al 2015 en la ciudad del Cusco, esto suponemos que se debe a los talleres de capacitación que se viene impartiendo con los comerciantes de las diferentes ferias y mercados artesanales.

## LUGARES DE VENTA NACIONAL





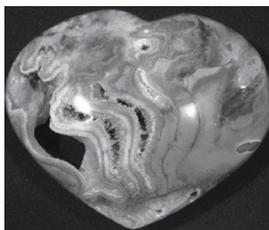
El presente informe nos muestra que Cusco es el que mayor porcentaje de comercialización presenta a nivel nacional, esto debido por la alta incidencia turística que recibe diariamente y a la demanda de la artesanía existente.

Se ha detectado que personas inescrupulosas traen los fósiles de otras regiones del Perú, para vender a los comerciantes de las distintas ferias del Cusco.

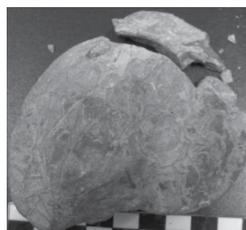
Los diferentes fósiles sufren alteraciones y modificaciones comerciales que dañan su integridad y originalidad natural.



Pulido en ambos flancos



Transformación y pulido en ambos flancos.



Espécimen seccionado en el plano antero posterior, con pulimento prolijo en su vista interna, con fragmentos producto del seccionamiento.

## ACCIONES SUGERIDAS

1. Identificación y control de los centros de comercialización.
2. Realizar acciones preventivas y de concientización sobre el tráfico ilícito de fósiles en: aeropuertos, terminales terrestres, centros y ferias artesanales, así como con los guías de turistas.
3. Verificación, identificación del patrimonio (peritaje técnico) paleontológico.
4. Conservación de colecciones en museos nacionales, regionales y locales, como centros de aprendizaje, lugares turísticos entre otros.
5. Iniciar acciones administrativas y/o penales contra los traficantes, y crear un Registro Nacional de Infractores y Reincidentes.
6. Repatriación de fósiles peruanos en colecciones del exterior.





# ANÁLISIS DE LAS PALEODIETAS DE LOS YACIMIENTOS MIOCENOS DE CÓRCOLES-GUADALAJARA

---

*Leonardo Miguel Zevallos Valdivia  
Ministerio de Cultura del Perú- Dirección General de Patrimonio Cultural.*

## **1. RESUMEN Y OBJETIVOS:**

La capacidad de poder determinar la dieta de un animal del pasado constituye una herramienta excepcional para establecer inferencias de sus relaciones comunitarias, adaptaciones y en último término su paleoecología.

En este trabajo se analizaron los componentes químicos de los metápodos y esmaltes dentales de algunos taxones pertenecientes a las áreas fosilíferas del Yacimiento de Córcoles (Guadalajara) y se comparan los valores con algunos taxones actuales de dietas equivalentes.

Se ha puesto interés en el análisis del Estroncio y del Sodio, elementos importantes y largamente discutidos en los estudios de Paleodietas.

Los Objetivos del trabajo son:

- Comprobar si los niveles de Estroncio y Sodio de las faunas de Córcoles están exentos de enmascaramientos por la etapa fosildiagenética y es posible llevar a cabo con ellos una interpretación de las dietas.
- Comparar los valores obtenidos con valores actuales a fin de comprobar si la tendencia de movilidad de los clásicos elementos usados (Sr y Na) es la misma en Córcoles.
- Determinar, si procede, las relaciones de los hábitos alimenticios de los taxones analizados con los valores obtenidos.

Merino, (2000), comprueba la contaminación de los restos fósiles en varios yacimientos de España, señalando que es inviable utilizar el Estroncio como indicador de la dieta.

## **2. TENDENCIAS DE ACUMULACIÓN DE ELEMENTOS MINORITARIOS EN TEJIDOS DUROS**

### **2.1. Estroncio:**

Se trata de un elemento con cierto carácter de inmovilidad y que es difícilmente regulado por los organismos, y es posible discriminarlo a favor del calcio. Así los niveles de Sr reflejan la ingesta de este elemento y pueden ser usados en la estimación de la dieta e inferencias ambientales, ya que para los mamíferos terrestres la primera fuente de estroncio es la ingesta de comida.

Las plantas poseen diferentes niveles de Estroncio, así las legumbres y las plantas de forraje arbustivas contienen más Sr que los pastos y hierbas bajas, esto permite discriminar los niveles de Sr en animales pastadores (Toots & Voorhies 1965).

Los carnívoros pueden ser reconocidos por bajos contenidos en estroncio en sus tejidos duros, ya que la carne animal es pobre en este elemento, aunque los carnívoros que comen huesos pueden tener una cantidad de Sr. ligeramente mayor, aunque siempre en menor cantidad que los herbívoros (Subirá, 1993).

Las medidas que aportan los mamíferos omnívoros son de carácter intermedio entre las anteriores y es difícil hacer alguna discriminación. En Arqueología el Sr ha sido ampliamente utilizado para discriminar rasgos de conducta social en poblaciones humanas, atribuyendo muchas veces los bajos valores de Sr a la ingesta de carne (Alta posición social) en contraste con los restos de tumbas precarias en las que los análisis arrojaban valores altos de Sr (alimentación vegetariana).

En otros casos se encontraron huesos humanos con altísimos niveles de Sr y se atribuyeron a una alimentación exclusiva de moluscos.

Aunque Merino, 2000 en su estudio de las paleodietas de 7 yacimientos de diferentes cuencas españolas, señala que debido a que los valores originales de Sr no conservan durante la fosilización, el Sr no discrimina entre carnívoros y herbívoros.

### **2.2. SODIO**

El sodio es muy importante en los procesos físicos de los mamíferos y su concentración si es regulada por el organismo; los diferentes géneros de



mamíferos presentan diferentes adaptaciones relacionadas a sus modos de vida para retener o eliminar el sodio.

El sodio se pierde durante el proceso de fosilización; la pérdida es sistemáticamente menor en el esmalte dental debido al reemplazo de este por fluoruros y depende de factores que afectan durante el enterramiento.

Los tejidos animales (carne) tienen un contenido mayor en Na que los tejidos vegetales, los herbívoros como los elefantes tienen un sistema de metabolismo del Na bastante primitivo, así serán siempre los carnívoros los que tengan un mayor contenido de este en sus tejidos duros luego los omnívoros, luego los herbívoros primitivos y por último los herbívoros especializados. (Parker y Toots, 1980)

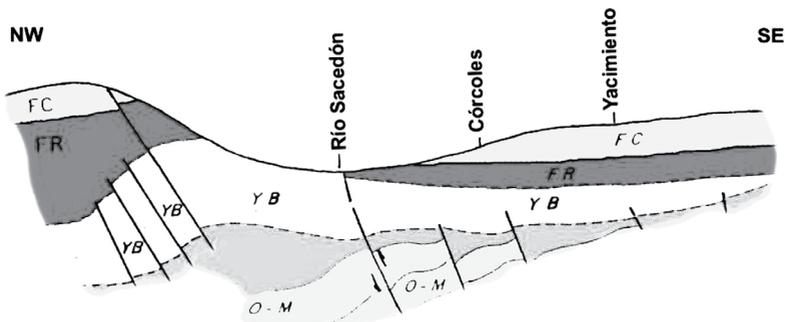
En ambientes en los que la circulación de aguas se ve impedida se interrumpe el enriquecimiento en fluoruros y el sodio se pierde. En ambientes hipersódicos las medidas estarán enmascaradas.

### **CÓRCOLES – GEOLOGÍA Y PROSPECCIÓN**

Los yacimientos paleontológicos de Córcoles se encuentran en el término municipal de Córcoles (Guadalajara) a escasos 5 kilómetros de Sacedón, y a 1 km. Del pueblo de Córcoles entre los pantanos de Entrepeñas y Buendía. Los sedimentos que configuran los yacimientos de Córcoles forman parte de la “Depresión intermedia”



Fig. :Ubicación Área Fossilífera de Córcoles. Tomado de Alférez et. Al. 1982



(YB). Yesos basales: (Unidad (22), “Arcillas, arcillas yesíferas y yesos”, y unidad (23) “Yesos”, de la hoja 562), unos 110 m de potencia.

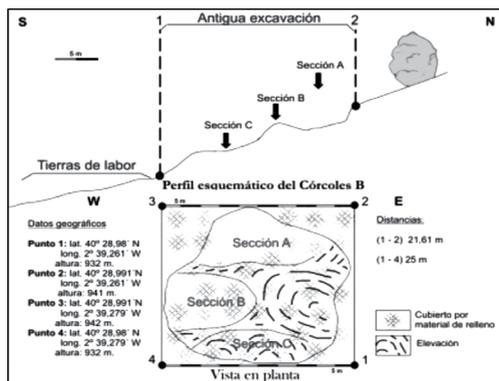
(FR) Formación roja: Tramo basal de la unidad (26). “Margas, arcillas y calizas”, inicio del Segundo Ciclo Neógeno.

(FC) Formación Córcoles: Unidad (26), “Margas, arcillas y calizas”. Unidad (27) “Calizas”.

Gracias al estudio detallado de los micromamíferos se ha podido determinar la edad de los yacimientos en Aragoniense medio a finales del Mioceno inferior, estaría ubicado dentro de la Biozona C de Daams y Freudenthal, que corresponde a la Biozona Mn4a de Mein, ( 18 millones de años) (Alfárez et al.; 1982, Moyá y Alfárez, 1988).

## MATERIALES Y MÉTODOS

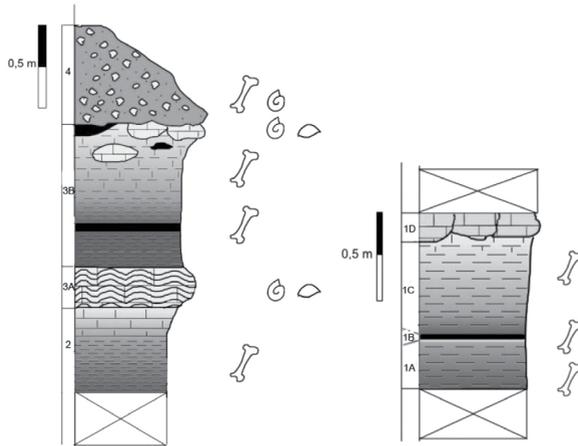
La selección de muestras para el análisis fue hecha en la colección de Paleontología de vertebrados del Museo Nacional de Ciencias Naturales, existe en él una variada muestra de fósiles de las áreas fosilíferas de Córcoles.





Sección estratigráfica "A"

Sección estratigráfica "B"



(MNCN)	EJEMPLARES ACTUALES	
MNCN4651	Fragmento de diente	<i>Equus sp.</i>
MNCN4671	Falange	<i>Equus sp.</i>
MNCN4616	Molar (corte)	<i>Elephas máximus</i>
MNCN2706	Falange	<i>Ursus arctus</i>
MNCN2373	Diente incisivo	<i>Ursus arctus</i>
MNCN14236	Falange	<i>Babyrousa babyrousa</i>
MNCN14236	Colmillo	<i>Babyrousa babyrousa</i>
MNCN16162	Falange	<i>Canis lupus</i>
MNCN16174	Molar	<i>Canis lupus</i>
MNCN17889	Falange	<i>Dama dama</i>
MNCN17891	Molares frag.+2 incisivos	<i>Dama dama</i>
<b>EJEMPLARES ÁREA FOSILÍFERA CÓRCOLES</b>		
MNCNRC70	Frag. Molar	<i>Gomphotherium sp.</i>
MNCNRC65	Frag. Falange	<i>Triceromerix pachecoi</i>
MNCNRC82	Falange	<i>Anchitherium sp.</i>
MNCNRC76	Falange lateral	<i>Hispanotherium corcolense</i>
MNCNRC97	Frag. molar	<i>Anchitherium sp.</i>
MNCNRCXX	Trozo de defensa	<i>Gomphotherium sp.</i>
<b>Sedimento margoso de Córcoles A</b>		
MNCN46165	Diente	<i>Hispanotherium c.</i>
MNCN46081	Metápodo	<i>Amphycion sp.</i>
MNCN46099	Diente	<i>Amphycion sp.</i>
MNCN46120	Dientes	<i>Bunolistriodon lockharti</i>

Tabla 1: Listado de fósiles y muestras actuales utilizadas en los análisis de este trabajo

## RESULTADOS

Los valores obtenidos de los esmaltes de los taxones de las áreas fosilíferas de Córcoles muestran valores que sigue con la tendencia propuesta por Toots y Voorhies (1965), de valores altos para herbívoros y bajos para carnívoros, el omnívoro *Bunolistriodon* sp. presenta un valor intermedio (6933 ppm) entre los herbívoros y el carnívoro *Amphycion* m. (6426 ppm) que presenta el valor más bajo de todos. Entre los Herbívoros, los datos contradicen lo aportado por Toots y Vorhies (1965), referente a que los herbívoros de hábito ramoneador tendrían mayores cantidades de Estroncio que los pastadores, *Gomphotherium* sp. con hábitos ramoneadores se presenta como el herbívoro con un valor de Sr más bajo (6680 ppm) y los pastadores *Anchitherium* sp. e *Hispanotherium corcolense* con 13106 y 20463 ppm respectivamente. Ambos valores, fundamentalmente *Hispanotherium* c., son valores anómalos que parecen evidenciar contaminación diagenética de las muestras. Este análisis confirma que no hay relación entre los valores de Sr y los hábitos alimenticios de los grupos taxonómicos de Córcoles.

En cuanto a los metápodos, se sigue con lo propuesto por Parker y Toots (1980) y se aprecian valores de Sr más altos en los herbívoros *Anchitherium* sp. e *Hispanotherium corcolense* (7694 ppm y 5834 ppm) y en el rumiante *Triceromerix pachecoi* (5242 ppm.), que en el carnívoro *Amphycion* m. (4650 ppm)., esta diferencia es más notable entre el équido y el carnívoro, pudiendo deberse a causas biogénicas y no diagenéticas. No ha sido posible disponer de una falange de *Gomphotherium* sp. del yacimiento de córcoles, por lo que se ha utilizado la medida realizada por Merino, (2000) a fin de obtener un contraste con un yacimiento de características similares y de la misma cuenca.

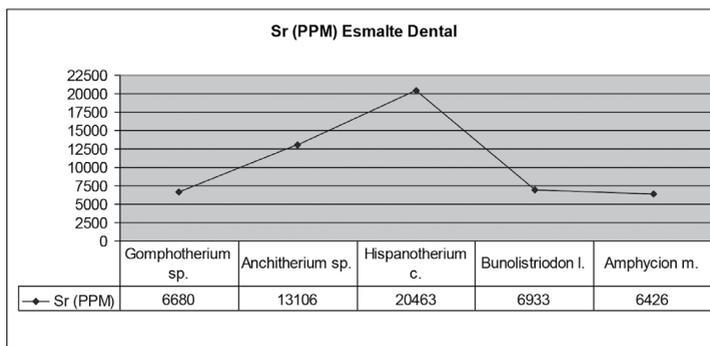


Tabla 2: Valores en PPM obtenidos del análisis de Esmaltes.



Del análisis del Sr en los taxones actuales, se obtuvieron valores muy bajos, inferiores a 10 ppm, situación que los hace indetectable por el método de EDS y con el método de EDLO, las señales de concentraciones tan pequeñas se hacen confusas, de modo que, no se hará la comparación de taxones actuales con Córcoles.

Respecto del Sodio en los esmaltes de los taxones actuales, en comparación con los ejemplares de Córcoles, se puede ver claramente la pérdida de Sodio que se va haciendo mayor en los ejemplares fósiles; los valores más altos son los de *Babyroussa babyroussa* (9273 ppm) (del Zoo de Madrid), seguida de *Ursus arctus* (6454 ppm) también omnívoro y *Cannis lupus* (5786 ppm), entre los herbívoros: *Elephas máximus* (4154 ppm) posee el valor más alto; *Equus caballus* y *Dama dama*, con respectivamente (5044 y 4822 ppm.) tienen los valores más bajos.

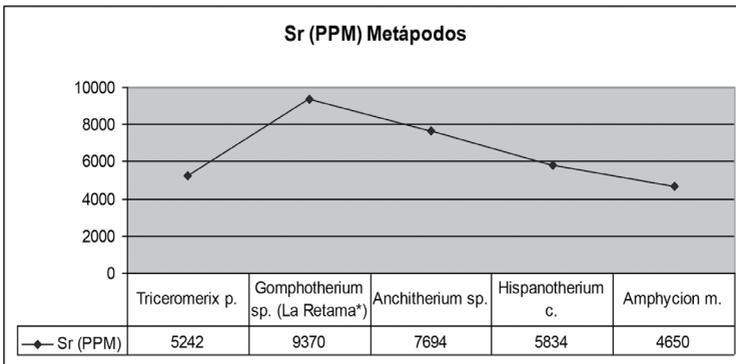
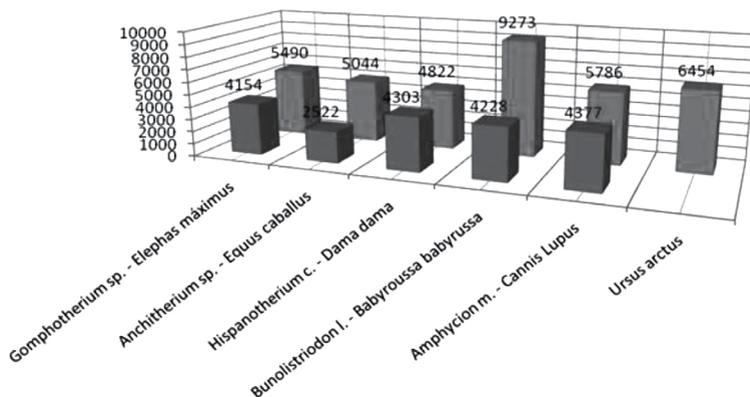


Gráfico: valores en PPM obtenidos de Metápodos.

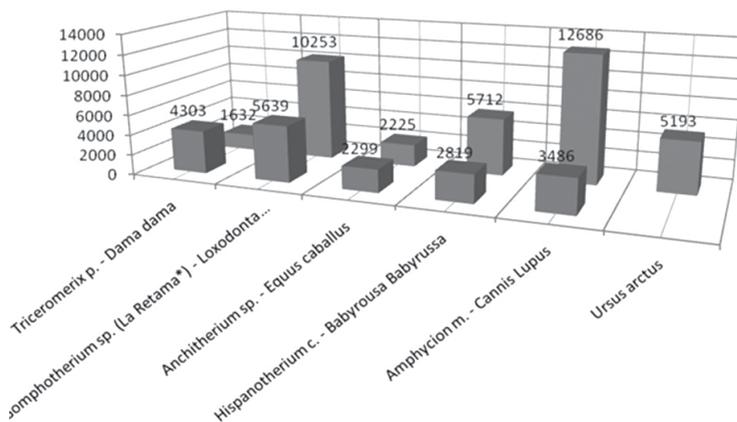
En cuanto a los ejemplares de Córcoles los valores más altos están en el omnívoro *Bunolistriodon* I. (4228 ppm) y en *Amphycion* mayor con 4377 ppm., aunque según Parker y Toots (1980) los carnívoros tendrían una concentración de sodio en los esmaltes mayor que los herbívoros y que los proboscídeos (herbívoros primitivos en el metabolismo del Sodio) y estos a su vez tendrían mayores valores que los herbívoros especializados, contrariamente el valor de *Hispanotherium* sp (4303 ppm) resulta mayor que el de *Gomphotherium* sp.(4154 ppm); *Anchitherium* sp. presenta el valor más bajo, hecho que si obedece a la tendencia antes mencionada.



NA (PPM) en los esmaltes dentales, actuales-córcoles

En los metápodos, la mayoría de taxones actuales con un comparativo fósil, experimentan una disminución muy notoria en las concentraciones, no obstante algunos taxones actuales como Dama dama (1632 ppm.) en comparación con Triceromerix pachecoi (4303 ppm) y Anchitherium sp. (2299 ppm) con Equus caballus (2225 ppm) ven incrementados sus valores en lugar de disminuir; el dato de Gomphotherium angustidens (5639 ppm) en comparación con Loxodonta africana (10253 ppm), están tomados de Merino (2000), quien obtiene estos valores analizando un elefante de un zoo y los restos del proboscídeo del yacimiento de “La Retama”, asumiendo que en Córcoles podría tenerse un resultado similar; lamentablemente no ha sido posible analizar metápodos de Bunolistriodon, por su escasez, ni falanges actuales de rinoceronte, por lo que no hay comparación posible para estos taxones.

Entre los carnívoros se compara los valores de Amphycion mayor (3486 ppm) con los valores de Canis lupus (12686 ppm) y Ursus arctus (5193 ppm), atribuyendo a Amphycion unos hábitos alimenticios “intermedios” o parecidos a los que tienen estos taxones actuales, aunque los valores son muy dispares entre sí. La tendencia se rompe en este caso pues por su dieta carnívora de Amphycion se esperaría que tenga valores más altos que todos los herbívoros, pero solo ocurre con Hispanotherium c. y Anchitherium sp.



NA (PPM) en metápodos, actual-córcoles

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Respecto de las medidas con el estroncio en los esmaltes, cabe señalar que la contaminación de las muestras es evidente en el équido *Anchitherium*, presenta un valor muy alto, que hace pensar en una contaminación de la muestra; en general los valores obtenidos en este yacimiento son parecidos a los de La Retama (Merino, 2000), yacimiento que tiene unos valores altos de Sr en su composición, y supera en algunos casos los 9000 ppm.

Las medidas en metápodos cabría esperar que ofrecieran valores anómalos dada la alta porosidad del hueso frente a lo compacto del esmalte, no obstante, este es el único caso en que se ve claramente la tendencia descrita en la literatura para este elemento. Se desprende de todo esto, que el Estroncio no puede usarse como herramienta de reconstrucción de Paleodietas en las áreas fosilíferas de Córcoles.

-Con respecto a el sodio en los esmaltes dentales, se ve reflejada en todas las medidas la pérdida respecto de los ejemplares actuales, siendo la más acusada la evidenciada en la comparación: *Babyrousa babyroussa* - *Bunolistriodon lockharti*, al comparar los valores de *Amphycion* sp. con los de *Ursus* y *Canis*, este está más próximo a los valores de *Canis lupus*.

En los casos que el Sodio incrementa su concentración en los metápodos actuales con respecto a los fósiles, puede deberse al hecho de la alta porosidad y permeabilidad de los huesos, que en este caso resulta evidente pues no ocurre lo mismo con los esmaltes, en los que las proporciones siguen la tendencia propuesta por Parker y Toots (1980) de valores más altos para carnívoros y progresivamente más bajos para omnívoros, proboscídeos y finalmente herbívoros especializados, condición corroborada por Merino (2000) en su estudio de paleodietas, además se comprueba con los valores obtenidos de los esmaltes el comportamiento del Sodio, que tiende a la disminución progresiva con el tiempo de enterramiento.

## **BIBLIOGRAFÍA**

ADABACHE, A., SILVA-BRIANO, M., & GALVÁN, R. (2004), " El Microscopio Electrónico de Barrido, un Instrumento útil para la ciencia", Universidad Autónoma de Aguas Calientes, Lab. De microscopia electrónica de barrido. Recurso Web.

ALFÉREZ, F. (1999): Algunos aspectos geológicos y paleontológicos del sistema de terrazas del río Tajo al oeste de Toledo. En: La Huella del Pasado. Fósiles de Castilla-La Mancha. AGUIRRE, E. y RÁBANO, I. (Eds.). Junta de la Comunidad de Castilla-La Mancha, pp 309 -326.

ALFÉREZ, F., MOLERO, G., MALDONADO, E. & IÑIGO, C. (1999): El registro fósil de Córcoles (Guadalajara) España: Reflejo de la vida en La Alcarria en el Mioceno Inferior. En: La Huella del Pasado. Fósiles de Castilla-La Mancha. AGUIRRE, E. y RÁBANO, I. (Eds.). Junta de la Comunidad de Castilla-La Mancha.

CERDEÑO, E. (1989). Revisión de la sistemática de los rinocerontes del Neógeno de España, Ed. Univ. Complutense de Madrid, Colección Tesis Doctorales, 306/89, 429 págs.

DÍAZ DE NEIRA, J. A., Cabra, P. (1999). Hoja Geológica MAGNA, nº 562 (Sacedón). ITGE, Madrid.

IÑIGO, C. (1993). Estudio de los perisodáctilos del yacimiento mioceno de Córcoles (Guadalajara). Tesis doctoral Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Complutense de Madrid. 559 pp.



IÑIGO C., CERDEÑO E. (1997) The Hispanotherium Matritense (Rhinocerotidae) from Córcoles (Guadalajara, Spain): Its Contribution to the Systematics of the Miocena Iranotheriina, *GEOBIOS*, 30, 2. pp: 243-266.

MAGNA 1/50000 (562) SACEDON.

MALDONADO, E. y ALFÉREZ, F. (1990). Nuevos restos de Gomphotherium (Proboscidea, Mammalia) del Aragoniense medio de Córcoles (Guadalajara), *Acta Salmanticensia*, 68, 217-233.

MALDONADO, E., MAZO, A. y ALFÉREZ, F. (1983). Los mastodontes (Proboscidea, Mammalia) del Orleaniense medio de Córcoles (Guadalajara), *Estudios Geol.* 39, 431-449.

MERINO, L. (2000) Mineralogía y geoquímica del esqueleto de Mamíferos del Neógeno Español. CSIC-Departamento de Paleobiología.  
MOLLESON, T. (1990) The Accumulation of Trace Metals in Bone Turing Fossilization. In *Trace Metals and Fluorine in Bones and Theeth*.

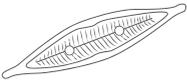
MOYÁ, S. y ALFÉREZ, S. (1988). Los rumiantes (Mammalia) del Mioceno inferior de Córcoles (Guadalajara): su posición dentro de las faunas del Aragoniense inferior de España, Vol. Como del Coloquio Homenaje a R. Adrover, 63.

NEWESELY, H. (1989), Fossil Bone Apatite. *Applied Geochemistry*, 4: 233-245.

PARKER, R. B., TOOTS, H. (1980) Trace Elements in Bones as Paleobiological indicators. En *Fossils in the Making*, (A. K. Behrensmeier y A. P. Hill Ed.) Univ. Chicago Press.

SUBIRÁ, M., (1993), Estudio de la Dieta Humana a través del análisis de Elementos Químicos. *Revista de Arqueología*, N° 144, abril, pp: 7-13.

VAN DER MADE, J., ALFÉREZ, F. (1988). Dos súidos Bunodontos (Listrionidae) del Mioceno inferior de Córcoles (Guadalajara, España), *Resúmenes del Coloquio Homenaje a R. Adrover*, 22.





# DESCRIPCIÓN SEDIMENTOLÓGICA DEL SITIO FOSILÍFERO MIRAMAR - SAN LUIS (PAITA, PIURA, PERÚ)

---

*Luis Felipe Mejía Arselles*

*Instituto de Paleontología - Universidad Nacional de Piura - Campus Universitario*

*Av. Andrés Bello Cáceres s/n - Urb. Miraflores - Castilla - Piura - PERÚ*

*lf.mejia.arselles@gmail.com*

**Palabras Clave:** Mesozoico, Grupo Pucara, carofitas

## 1. RESUMEN:

Localizada a 10 kilómetros de la actual desembocadura del Río Chira (mediante un estuario), Miramar-San Luis es un área donde las facies continentales y marino-litorales están en constante relación. Su estudio es vital para analizar la variación de la línea de la costa y los cambios en la dinámica del Río Chira.

Las columnas estratigráficas levantadas nos indican cambios desde finales del Mioceno hasta llegar a la configuración actual. Un conjunto de sedimentos lutáceos y arenas de grano medio subyacen en discordancia angular a una serie de arenas calcáreas con estratos guías de conglomerados monomícticos cuarcíticos. Sigue un tercer conjunto de conglomerados calcáreos y finalmente una serie monoestratigráfica de lutitas. Los cambios tectónicos permite la aparición de tablazos ocurriendo una regresión marina para que a finales del pleistoceno los depósitos aluviales comiencen a ejercer fuerza.

En cuanto al registro fósil, se pueden encontrar osamentas de grandes cetáceos en la secuencia areno-lutácea así como bivalvos y gasterópodos - enteros o reducidos a bioclastos - en la secuencia de arenas calcáreas y conglomerados. Llama la atención la presencia de ostras de muy gran tamaño al límite entre arenas y conglomerados, Estos sedimentos suelen proporcionar también dientes de tiburones.

La identificación de dos sectores altamente fosilíferos denominados Fortaleza de los Incas y Cerro San Luis nos permite recomendar una zonificación para evitar su degradación.

El sector de Cerro San Luis en particular, de interés a la vez paleontológico y arqueológico, necesita una urgente delimitación por ubicarse en un lugar de alta degradación tanto natural como antrópica.

### **Alcances Preliminares**

#### **Identificación del sitio fosilífero**

Debido a su extensión de casi 10 km, desde el C. P. Miramar hasta la desembocadura del Río Chira pasando por el C. P San Luis, llamaremos a este conjunto “Área Fosilífera de Miramar-San Luis”.

#### **Localización, coordenadas, referencias geográficas.**

El Área Fosilífera de Miramar-San Luis está ubicada en el Distrito de Vichayal, Provincia de Paíta, Región Piura. A unos 40 km al norte de Paíta, viniendo de Pueblo Nuevo vía fluvial, está ubicada entre los W: 496304, N: 9465759 y W: 485648, N: 9462073 y a una altura aproximada de hasta 50 m.s.n.m y una mínima de 2 m.s.n.m. Los fósiles afloran tanto al norte como al sur de la carretera, que une Miramar a San Luis. La zona está delimitada naturalmente al norte por Pampa Paredones, al sur por el Río Chira, al este por la quebrada Vista Florida y al oeste por el Océano Pacífico.

Como un dato adicional, el Distrito de Vichayal cuenta con un mínimo de 10 áreas protegidas por el Ministerio de Cultura, las cuales tienen hasta casi 1000 años de antigüedad (Culturas Pre-Tallán y Tallán) asentadas en la margen del Río Chira.

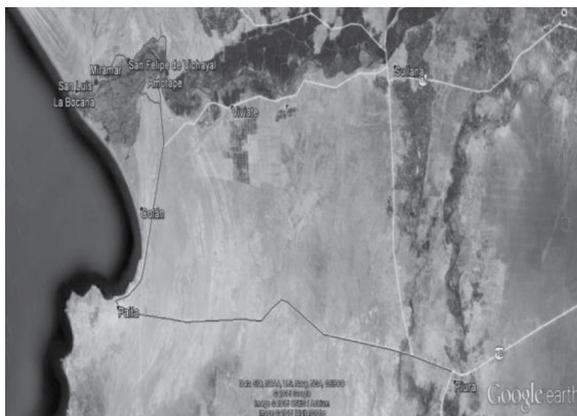


Fig. 1.: Vías acceso hacia la Zona Fosilífera de Vichayal (Color rojo). Foto de Google Earth.



## Análisis sedimentológico y paleontológico

La interpretación de las columnas estratigráficas está basada en la clasificación de litofacies de Miall (1978,1996). Estas litofacies se asocian y conforman los elementos arquitecturales correspondientes a la geometría del depósito.

CÓDIGO	FACIES	ESTRUCTURA SEDIMENTARIA	INTERPRETACIÓN
Gmm	Conglomerado macizo matriz soportada	Débilmente gradada	Flujos detríticos plásticos (alta resistencia, viscoso)
Gci	Conglomerado clasto soportado	Gradación inversa	Flujos detríticos ricos en clastos (alta resistencia) o flujos detríticos pseudoplásticos (baja resistencia)
Gm	Conglomerado clasto soportado, pobremente estratificado	Estratificación horizontal, imbricación	Formas de fondo longitudinales, depósitos de rezago, depósitos de tamiz
Gt	Conglomerado estratificado	Estratificación cruzada curva	Relleno de canales menores
Gp	Conglomerado estratificado	Estratificación cruzada planar	Formas de fondo transversales, crecimientos deltaicos a partir de barras remanentes
St	Arenisca fina a muy gruesa, puede ser conglomeradico	Laminación cruzada curva	Dunas 3D de crestas sinuosas y linguoides
Sp	Arenisca fina a muy gruesa, puede ser conglomeradico	Laminación cruzada planar	Dunas 2D de barras transversas y linguoides
Sr	Arenisca muy fina a gruesa	Laminación cruzada con ondulitas ( <i>ripples</i> )	Ondulitas (bajo régimen de flujo)
Sh	Areniscas muy fina a gruesa, puede ser conglomeradico	Laminación horizontal	Capas planares
Sl	Arenisca muy fina a gruesa, puede ser conglomeradico	Laminación cruzada de bajo ángulo (15°)	Corte y relleno, estructuras aborregadas, antidunas
Sm	Arenisca masiva	Sin estructuración interna	Depósitos de abandono.
Fl	Arenisca, limo, arcilla	Laminación fina, pequeñas ondulitas ( <i>ripples</i> )	Canales abandonados o llanuras de inundación
Fml	Caliza arenosa	Masivo, bioturbaciones, nódulos	Depósitos evaporíticos, barras litorales
Fm	Limo, arcilla	Masivo, grietas de desecación	Depósitos de abandono o llanuras de inundación

Tabla: Código de facies (modificado de Miall, 1996)

### Sedimentología Subzona Miramar

Esta columna estratigráfica fue realizada en la localidad de Miramar, en la margen derecha del Río Chira con coordenadas UTM E: 488 716; N: 9 461 018.

Presenta un espesor de 16 m. (Columna N° 1) formada por dos secuencias principales de grano creciente siendo las más finas las que infrayacen en discordancia angular a las de granos grueso-brechoide.

Ambas secuencias subyacen a la secuencia de depósitos aluviales. La primera secuencia de litología fino-media tiene como base lutitas parduzcas de facies SI con rumbo de N 43 W y un buzamiento de S 88 W que son prácticamente constantes hasta los estratos superiores.. La laminación de este primer estrato es paralela horizontal. “Luego vienen arenas de facies Sh y arenas calcáreas de grano medio y de coloración gris en una serie rítmica ABAB, inmediatamente seguidas por un estrato de arenas de coloración amarillenta de facies FI que cierra la primera secuencia.

Una secuencia brechoide monomítica suprayace a la primera en discordancia angular con un rumbo de N 64W y buzamiento de S74E.

Esta secuencia de facies Gm y Gmm, conformada por clastos cuarcíticos de 10 a 15 cm de diámetro, es rítmica con una primera parte de tipo ABABA y una segunda parte de tipo ABAB. Bioclastos y laminaciones paralelas con óxidos de hierro están presentes en toda la secuencia.

La tercera secuencia suprayace a las secuencias anteriores mediante una superficie de discordancia erosiva y se caracteriza por sedimentos lutáceos en forma de dunas propios del cauce de un río.

### **Sedimentología Subzona San Luis**

Esta columna estratigráfica fue realizada en la localidad de Miramar, en el margen derecha del río Chira con coordenadas UTM E: 487 287; N: 9 461 142 y E: 487 308 N: 9 461 134.

Presenta un espesor de casi 26 m. (Columna N° 2) formada por seis secuencias de grano creciente. Estas secuencias infrayacen a los depósitos aluviales.

La primera secuencia es un estrato (base de la columna) que subyace en discordancia angular compuesto de arenas amarillentas de facies FI con un rumbo N40W y un buzamiento de S 80 E.

La segunda secuencia está compuesta de lutitas calcáreas de color marrón claro de facies FI, con laminaciones paralelas y presencia de ondulitas y nódulos decimétricos de arenas finas. Presenta un rumbo de N8W y un buzamiento de N88E, presencia de *Cerithium* y dientes de *Carcharhinus* sp. en la parte techo. En la parte media de la secuencia,



se presenta un estrato guía de brechas monomíticas cuarcíticas con clastos decimétricos, de facies Gm con laminaciones paralelas grises y una tendencia a la variación lateral (cuñamiento) hacia arenas de grano grueso de facies Sh con presencia de depósitos lenticulares de arena cuarzosa.

“La tercera secuencia de 4 metros de espesor está compuesta de arenas de color marón amarillento de facies Sm en la base y Sr de grano creciente muy fino a fino desde la parte media hasta el techo. Presenta un rumbo de N10W y un buzamiento d N81E. En esta secuencia se registró la presencia de gastrópodos (*Olivella columellaris*, Muricidae, *Gastropoda* indet.) y bivalvos (*Anadara grandis*, *Donax obesulus*, *Undulostrea megodon* y *Ostreidae* indet. incluyendo ostras gigantes).

La cuarta secuencia está compuesta de brechas monomíticas cuarcíticas con clastos de 10 a 15 centímetros de diámetro, de facies Gm y Gmm. La base es brechoide no granosostenida y subyace a una subfacies brechoide granosostenida que se prolonga desde la mitad de la secuencia hasta el techo. Se registra *Olivella columellaris* y *Donax obesulus* en la base de la secuencia y bioclastos en su casi-totalidad.

Una discordancia erosiva marca el inicio de la quinta secuencia compuesta básicamente de lutitas de facie Fm con grietas de desecación en todo el estrato.

Una sexta secuencia es representada por lumaquelas arenosas, presencia de bioclastos, sin laminación evidente. Todas las secuencias anteriores subyacen a los sedimentos aluviales holocénicos del Río Chira.



Fig. 2: *Cerithium*

## I. Paleontología Subzona San Luis

Familia: *Cerithiidae*

Subfamilia: *Cerithiinae*

Género: *Cerithium*

Especie: N/D

Descripción somera: Diámetro de 1 cm, altura 1 cm.

Ambiente: Marino somero, arrecifal, carbonatada, estuario, deltaico, perimareal.



Fig. 3: Valva derecha de *Atrina Maura* (Estrato arena muy fina-fina calcárea)

Orden: Pterioida

Familia: Pinnidae

Género: *Atrina*.

Especie: *Atrina maura*.

Descripción somera: Concha triangular, aplanada, delgada, espinosa, presencia de espigas

delgadas, laminadas, 10 cm de diámetro.

Ambiente: Estuarios, bancos de arena o entre el fango en bahías y lagunas costeras del Pacífico.

Cabe resaltar que fue encontrado a 5 kilómetros de la línea de la costa actual.

Familia: Olivellidae

Género: *Olivella*

Subgénero: *Pachyoliva*

Especie: *Olivella columellaris*

Descripción somera: De tonalidades variadas entre oscuro y claro, diámetro de 0.5 cm y un

altura 1 cm aprox., forma ovalada, superficie lisa con una abertura alargada, pliegue

pronunciado en el contorno de la cascara.

Ambiente: Marino somero.



Fig. 4, 5, 6: *Olivella columellaris* (Estrato arena muy fina-fina calcárea)



Fig. 7: *Anadara Grandis* (Estrato arena muy fina-fina calcárea)

Suborden: *Ostreina*  
Familia: *Arcidae*  
Género: *Anadara*  
Especie: *Anadara grandis*  
Descripción somera: Valvas fragmentadas casi circulares y desiguales. Diámetro de 5 cm como máximo. Líneas de sutura paralelas.  
Modo de vida: En suspensión facultativamente móvil.  
Ambiente: Marino somero, zona de shoreface.

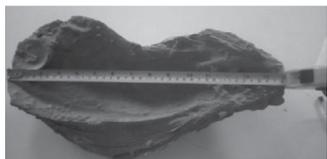


Fig. 8, 9: Vista de cara interna y externa de un ostra fósil de 30 cm de diámetro

Suborden: *Ostreina*  
Familia: *Ostreidae*  
Género: *Ostrea*  
Especie: N/D  
Nombre utilizado en el informe: Ostras gigantes  
Descripción somera: Valvas de 30 cm. de diámetro, forma riñonada, superficie casi rugosa, borde externo laminado, presencia de plegamientos.  
Ambiente: Se deduce que son marino somero, zona intermareal.



Fig. 10: *Undulostrea megodon* (La regla utilizada estaba en escala 1:10)

Familia: *Ostreidae*  
Subfamilia: *Ostreinae*  
Género: *Undulostrea*,  
Especie: *Undulostrea megodon*.  
Descripción somera: Concha de tamaño mediano 10 cm de diámetro, alargada, curvatura pronunciada, presencia de tres pliegues foliados en el borde externo, superficie casi lisa.  
Modo de vida: estacional epifaunal.  
Ambiente: Marino somero



Fig. 11: Muricidae.

Orden: Hypsgastropoda  
 Familia: Muricidae  
 Género: N/D  
 Especie: N/D  
 Descripción somera: Diámetro 0.5 cm, altura 1 cm,



Fig. 12,13: Vista externa (arriba) e interna (abajo) del *Donax obesulus*

Superfamilia: Tellinoidea  
 Familia: Donacidae  
 Género: *Donax*  
 Especie: *Donax obesulus*  
 Descripción somera: Superficie lisa, 3 cm. de diámetro, en forma de abanico: alargada estrechándose con dirección a la charnela, borde externo aserrado, coloración marrón.  
 Ambiente: Marino, subzona shoreface.



Fig. 14: Vista labial (derecha) y vista lingual (izquierda) (Estrato lutáceo carbonatado)

Clase: Chondrichthyes  
 Orden: Carcharhiniformes  
 Familia: Carcharhinidae  
 Género: *Carcharhinus*  
 Especie: N/D  
 Descripción somera: Características de la muestras: Cúspide delgadas, bordes lisos, diámetro achatado de 0.5 en la zona de la corona, raíz de 0.3 cm.  
 Ambiente: Marino.



## RECONOCIMIENTO DE SITIOS FOSILIFEROS

Siguiendo el método propuesto por Luis Valdivia (2015), podemos nombrar las siguientes.

### **zonas:**

**Fortaleza de los Incas (FI):** a 1.5 kilómetros del casco urbano de Miramar, presencia de bivalvos, gasterópodos, restos óseos de ballenas y restos arqueológicos pretallanes.

**Cerro San Luis (CS):** a 0.3 km del casco urbano de San Luis, presencia de bivalvos y gasterópodos de todos los tamaños (sobresalen ostras gigantes de más de 30 cm de diámetro), restos arqueológicos.

### **Estado actual:**

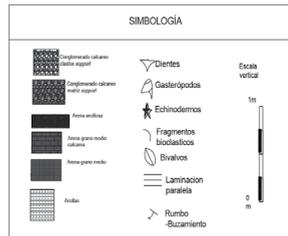
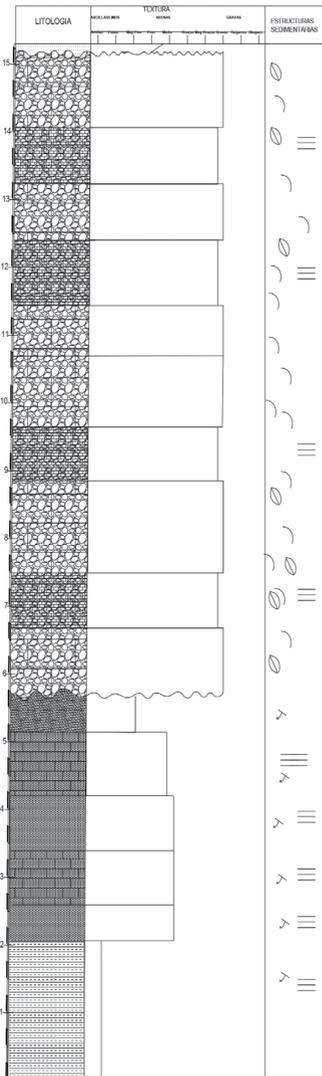
**Fortaleza de los Incas (FI):** Degradación natural (90% de probabilidades) ante el desborde del Río Chira (existen antecedentes documentados) que destruirían gran parte de los fósiles y restos arqueológicos encontrados en el lugar. Asimismo el avance de la agricultura y pastoreo y la contaminación suman a la degradación. ESTADO: REGULAR.

**Cerro San Luis (CS):** Degradación natural y antrópica (95% de probabilidades) ante el desborde del río Chira, activación de quebradas, explotación de industria petrolera y minera (cantera), pastoreo y contaminación ambiental son los factores que podrían destruir la mayor parte del sitio fosilífero. Asimismo la extracción de los fósiles para la venta constituye un problema que debe solucionarse. ESTADO: REGULAR.



Fig. 15: Mapa de identificación de sitios fosilíferos en el área de estudio. Foto de Google Earth.





	<b>INSTITUTO DE PALEONTOLOGIA UNP</b>	
	AREA: CATASTRO PALEONTOLOGICO	
DESCRIPCION SEDIMENTOLOGICA DEL SITIO FOSSILIFERO DE MIRAMAR-SAN LUIS		Lámina N°
COLUMNA ESTRATIGRAFICA: ZONA MIRAMAR		<b>03</b>
AUTOR: LUIS FELIPE NEJAS ARSELLES	Escala: 1:50	
Asesor: Dr. Juan Noel Martínez Toranzo	Fecha: Agosto 2015	

COLUMNA N°2: COLUMNA ESTRATIGRAFICA MIRAMAR

## **CONCLUSIONES**

El presente trabajo constituye un alcance preliminar descriptivo. Se necesita más estudios para llegar a un mayor entendimiento de la geología de esta área fosilífera.

En términos de sedimentología, un espeso conjunto de estratos subyace en discordancia angular a una serie de arenas medias y sedimentos areno-calcáreos la cual a su vez subyace bajo un tercer paquete de conglomerados calcáreos. Finalmente aparece un estrato guía lutáceo que separa los depósitos fluvio-aluviales y el tablazo lumaquéllico de los conglomerados calcáreos.

Del punto de vista paleontológico, se registran moluscos (gasterópodos y bivalvos incluyendo ostras gigantes) así como tiburones y cetáceos.” Espacialmente, hemos detectado dos sitios fosilíferos que merecen ser estudiados y dar una preservación siendo la zona de San Luis con la más alta concentración de fósiles.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Córdova Aguilar, A (2009): “Desarrollo de capacidades para una propuesta de Zoneamiento Ecológico Económica (ZEE) para el Ordenamiento Territorial del Departamento de Piura”. Geología y Potencial Minero-Gobierno Regional de Piura p.15-21.Gobierno Regional de Piura-Perú.

De Vries, T.J (1980): “Geology and paleontology of tablazos in Northwest Peru”. PH.D grade dissertation- Ohio State University (U.S.A), 964 p.

González Barba, G. & Martínez, J.N (2010) Comparaciones faunísticas de los tiburones y rayas del Neógeno del norte y sur del Perú. Resúmenes extendidos del XV Congreso Peruano de Geología - Publicación Especial N° 9 de la Sociedad Geológica del Perú: 428-431.

Peruano de Geología y XIII Congreso Latinoamericano de Geología. Iddings, A. A. & Olson, A. A. (1928).- Geology of Northwest Peru.

Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists, vol. 12, N° 1, p. 1 – 29.



Miall A. (1978) - Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits: a summary. In: Miall AD (ed.) *Fluvial Sedimentology*. Can Soc Petrol Geol Men 5: p. 597-604.

Miall A. (1996) - *The Geology of Fluvial Deposits*. Springer – Verlag Berlin Heidelberg New Cork., 565 p.

Navarro Ramírez, J.P & Martínez Trouve, J.N (2009) “Facies sedimentaria en la serie plio-pleistocénica entre los Ríos Chira y Piura (Noroeste del Perú) Reconstrucción Paleogeográfica. XV Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos. Lima, Perú.

Navarro Ramírez, J.P. (2009). “Evolución Paleogeográfica del Cenozoico superior en el Noroeste del Perú”. Tesis para obtener el grado de Ingeniero geólogo-Universidad Nacional de Piura, p. 42-43.

Palacios Moncayo, O. (1994).- *Geología de los Cuadrángulos de Paíta, Piura, Talara, Sullana, Lobitos, Quebrada Seca, Zorritos, Tumbes y Zarumilla*. INGEMMET, Boletín N° 54, Serie A: Carta Geológica Nacional.

Valdivia Coveñas, L.A (2015): “Caracterización, Valoración y Zonificación de los Sitios Paleontológicos del Distrito de La Brea-Negritos (Talara, Piura, Perú). Resúmenes del V Congreso Latinoamericano de Paleontología de Vertebrados, Colonia del Sacramento, Uruguay.





# IMPORTANCIA DE LA MORFOMETRÍA GEOMÉTRICA APLICADA A LA ORNITOLOGÍA

---

Milagros CHUMACERO LIVIAS

Departamento de Paleontología de Vertebrados, Museo de Historia Natural, Universidad Nacional Mayor de San Marcos

E-mail: milagrochumacero1@gmail.com

La clasificación taxonómica se basa principalmente en diferencias y similitudes en la morfología. En el caso de las aves, existen diferentes estudios sobre su genética, comportamiento, fisiología y ecología, con la finalidad de entender su variación morfológica, la cual ayuda a identificarlos y clasificarlos en un determinado grupo.

Diferentes características que incluyen la forma del cuerpo, del pico, tamaño y patrones de pigmentación han servido para su reconocimiento, pero lamentablemente estas características externas no nos ayudan durante análisis de restos óseos encontrados en diferentes yacimientos arqueológicos o paleontológicos, por lo que es de necesidad estudios y análisis en morfología de especies a nivel osteológico mediante la morfometría.

Existen dos tipos de enfoques que nos ayudan a resumir y cuantificar la variación de caracteres morfológicos: las distancias y las coordenadas. En la actualidad, diferentes métodos de estadística multivariada nos ayudan a identificar las diferencias entre especies, tomando en cuenta medidas entre estructuras óseas y estableciendo un rango de tamaño entre especies.

Este método es conocido como “morfometría tradicional” (Flink 1990, Humphries et al. 1981). Dichas distancias miden la separación entre dos estructuras de un organismo. Por otro lado se encuentran las coordenadas, las cuales representan puntos anatómicos en un plano cartesiano que se obtienen mediante la toma de fotografías a un individuo o grupo a estudiar. Al tomar estos puntos anatómicos de referencia en la foto de una estructura, se descarta el tamaño, pero se toma en cuenta la forma de la estructura. A esta nueva perspectiva se le conoce como “morfometría geométrica” (Fink 1990, Rohlf & Bookstein 1993).

Los trabajos con morfometría tradicional han permitido discriminar especies (ver Stucchi, 2003) al distinguir rangos de variación entre los caracteres morfológicos de una población y otra. Sin embargo, ésta técnica tiene grandes desventajas, ya que no toman en cuenta la forma geométrica de los organismos en estudio, además de no poder aislar los efectos del tamaño en la data. En cambio, la morfometría geométrica aumenta la eficacia en la obtención de datos, brindando diferentes representaciones e interpretaciones de las variaciones de la forma.

Dentro del grupo de las aves marinas se encuentran los piqueros (familia Sulidae), que se distinguen de otras aves marinas por su peculiar manera de zambullirse desde grandes alturas. Actualmente existen diez especies de esta familia distribuidas alrededor del mundo y agrupadas en los géneros *Papasula*, *Morus* y *Sula*. Dos especies bien emparentados de súlidos *S. nebouxii* “piquero de patas azules” y *S. variegata* “piquero peruano” anidan en las costas, islas y puntas norteñas, formando grandes colonias. Debido a su condición de especies hermanas (Friesen y Anderson, 1997) estas especies pueden llegar a reproducirse obteniendo individuos híbridos, como lo han documentado Stucchi y Figueroa (2008).

Estudios moleculares han demostrado su gran cercanía genética y su morfología externa ha ayudado a identificarlos y diferenciarlos en diferentes estudios de poblaciones. Mediante la morfometría tradicional y anatomía comparada se han encontrado diferencias a nivel craneano, mientras que a nivel postcraneano muchos de los elementos estudiados se han encontrado similares, diferenciándose principalmente en las proporciones de los huesos más que en la forma (ver Warheit 2002, Stucchi 2003).

Así, los piqueros *S. variegata* y *S. nebouxii* poseen características similares en sus elementos postcraneanos, siendo necesarios individuos completos para su reconocimiento. Esta problemática dificulta las interpretaciones de los restos óseos de estas aves en contextos biológicos, arqueológicos y paleontológicos. En el campo biológico, cuando se realizan estudios biogeográficos, o de dinámica de poblaciones (e.g. durante un ENSO) es necesario conocer la estructura de las comunidades, y por ende la identidad de las especies presentes en un área es importante. En el caso arqueológico, se usan estos restos encontrados en tumbas precolombinas para estudiar la sociedad antigua y su relación con la



biota. En Paleontología, cuyos únicos elementos de estudio son los huesos fósiles, se utiliza la información de las especies actuales para poder entender la variación en la población de una especie (intraespecífica) y también entre especies distintas (interespecífica). Lamentablemente las especies paleontológicas están representadas en su mayoría por huesos incompletos o erosionados, lo que hace difícil tener una idea clara de los rangos de variación de sus poblaciones.

Por este motivo, y considerando que la morfometría geométrica es una herramienta que ha demostrado ser útil, se considera que su aplicación al estudio de las aves marinas, como el piquero peruano y el piquero de patas azules, es importante ya que se podrá reafirmar el planteamiento de que son indistinguibles a nivel postcraneano (Stucchi 2003) o tener un aval estadístico para decir que la forma (no las medidas) sirve para discriminar entre los huesos estas dos especies.





# SIGMODONTINAE (RODENTIA, MAMMALIA) DEL PLEISTOCENO SUPERIOR DE PAMPA LA BREA (TALARA, PIURA, PERÚ): SISTEMÁTICA Y ANÁLISIS TAFONÓMICO

---

*John Percy Zapata Vilela*

*Instituto de Paleontología - Universidad Nacional de Piura - Campus Universitario  
Av. Andrés Avelino Cáceres s/n - Urb. Miraflores - Castilla - Piura – PERÚ  
geniormuz@gmail.com*

**Palabra Clave:** sigmodontinos, tafonomía, brea, alteracion, depredacion, procesos post-depositacionales, Thomasomys, Phyllotis, pleistoceno superior.

## INTRODUCCIÓN

Los sigmodontinos son los roedores de mayor diversidad en Sudamérica. Indicadores paleoambientales y paleoclimáticos muy precisos, pueden proporcionar información adicional sobre la composición de las paleobiocenosis. En efecto, es común que los huesos y dientes de roedores transiten por el tubo digestivo de depredadores antes de encontrarse concentrados en egagrópilas (regurgitados de aves rapaces) o deyecciones (heces de carnívoros), luego acumulados, sepultados y fosilizados.

Un análisis tafonómico permite a veces identificar a los depredadores que consumieron estos roedores y así tener acceso a una información paleocológica más completa. Ocasionalmente, se puede así deducir la presencia de especies no necesariamente representadas físicamente en el registro fósil de una localidad donde se preservaron los restos de las presas que consumieron.

## Material y métodos

### Material fósil examinado

El material fósil examinado en el presente trabajo proviene del yacimiento paleontológico de Pampa La Brea (Talara, Piura) tafonómicamente comparable con el famoso sitio de Rancho La Brea (California, U.S.A.).

Proviene de colectas de superficie efectuadas durante dos campañas en 2003 y 2007 y de visitas puntuales hasta el año 2011. Es ahora parte de las colecciones del Instituto de Paleontología de la Universidad Nacional de Piura (IPUNP).

## **Técnicas de colecta y preparación**

### **Colecta Superficial**

Esta técnica general es usada en la etapa de exploración, mucho antes de la excavación. Consiste en solo coleccionar los fósiles que afloran naturalmente.

### **Tamizado en seco**

Consiste en pasar el sedimento por un tamiz o varios tamices de diversas dimensiones de luz, para recuperar los fósiles de pequeños vertebrados.

El IPUNP ha utilizado esta técnica para rescatar microvertebrados en el yacimiento de Pampa La Brea y también en los sedimentos marino-litorales de Chusís (Plioceno), donde se recuperaron dientes de tiburones y roedores caviomorfos (González-Barba & Martínez, 2008), posiblemente de la familia Dasyproctidae.

### **Triado**

Es la etapa más tediosa, que consiste en separar, en el producto del tamizado, el material fósil del sedimento estéril. El sedimento se coloca en una superficie de color blanco y se utilizan pinzas para poder separar los fósiles del material estéril. Después del triado, los fósiles son separados según su identificación anatómica y taxonómica. Para la fracción más fina del sedimento, se utiliza una lupa binocular.

### **Identificación anatómica**

Se basa en la observación con una lupa binocular, usando material de comparación de la colección osteológica de referencia del IPUNP y con publicaciones especializadas.

El estudio de las muestras fósiles se inicia con la separación de las partes esqueléticas, para luego ser observadas por una lupa binocular (estereoscopio), donde se pudieron identificar a los roedores fósiles y sus alteraciones por marcas de depredación y procesos post-depositacionales.



## **Métodos de identificación taxonómica y análisis tafonómico**

### **Identificación taxonómica**

Se utilizó el método aplicado por Reig (1978), comparando las estructuras homólogas en las vistas oclusales de los molares de cada morfotipo.

### **Análisis tafonómico**

Se utilizó el método descriptivo- sistemático expuesto por Peter Andrews (1990) en su libro de referencia "Owls, Caves and Fossils" y la identificación de alteraciones postdeposicionales; ya sea bioestratinómicas (antes del enterramiento), o fosildiagenéticas (diagénesis posterior al enterramiento).

### **Sistemática paleontológica**

La publicación original de la lista faunística de Pampa La Brea (Lemon & Churcher, 1961) solo mencionaba tres géneros de roedores: dos sigmodontinos (Phyllotis y Sigmodon) y un hidroquerido (Neochoerus).

Una revisión del material colectado por el IPUNP en la última década permite precisar esta lista con la identificación de una especie del género *Thomasomys* (sigmodontino anteriormente no detectado en la fauna de Pampa La Brea) y la asignación probable del *Phyllotis* señalado por Lemon & Churcher (o.c.) como *Phylloti samicus*.

El análisis tafonómico del presente trabajo se centra sobre estas dos especies.

- Orden Rodentia Bowdich, 1821
- Suborden Myomorpha Brandt, 1877
- Infraorden Myodonta Schaub in Grassé & Dekeyser, 1955
- Superfamilia Muroidea Illiger, 1811
- Familia Muridae Illiger, 1811
- Subfamilia Sigmodontinae Wagner, 1843
- Tribu Thomasomyini Steadman & Ray, 1982
- Género *Thomasomys* Coues, 1884
- *Thomasomys* sp.

Molares braquiodontos y con cúspides; m1 es pentalofofodonto, m2 y m3 son tetralofofodontos. El procíngulo bien definido no presenta el fléxido anteromeridiano que separa al conúlido anterolabial y conúlido anterolingual en m1.

Para m2 y m3 Procíngulo pequeño, solo presenta el conúlido anterolabial y este es reducido, y se presenta fusionado el conúlido aneterolingual con el metaconido. En m1 y m2, el protoconido e hipoconido son de forma triangular; en m3. El protoconido tiene forma triangular, el hipocónido es un tanto subtriangular y los protofléxidos e hipofléxidos son profundos, amplios y agudos; metaconido y entocónido están bien desarrollados. El entocónido no es perceptible en m3. El mesolófido es muy reducido en los molares, el posterolófido se presenta poco desarrollado. En m1 y m2, el mesofléxido es más amplio que en m3. Los fléxidos que no estén abiertos forman fosetas.

**Tribu Phyllotini Vorontzov, 1959**  
**Género Phyllotis Waterhouse, 1837**  
**Phyllotis cf. amicus Thomas, 1900**

Las cúspides primarias están en alternancia. Hay presencia de un procíngulo pero sin un fléxido anteromedial. El conúlido anterolabial es más extenso que el conúlido anterolingual. La presencia del anterofléxido es casi imperceptible, seguido del anterolófido. Mesofléxido, metafléxido, posterofléxido, hipofléxido y protofléxido están abiertos y profundos. El protocónido presenta una forma triangular. El hipofléxido presenta una forma menos triangular que el protocónido. Metaconido y entocónido tienen una forma redondeada. El posterolófido está bien definido con presencia del posterostílido. En m2, el procíngulo está fusionado con el metaconido. En individuos jóvenes se puede notar aun protofléxido, el protoconido y el hipoconido tienen forma triangular. En individuos con mayor desgaste dental tienen forma un poco más redondeada que en individuos jóvenes, la manera dispuesta de la crestas le da a este molar una forma muy parecida a la letra "M". El posterolófido está desarrollado en m1 y m2.

**Análisis tafonómico**

Alteraciones relaciones con la predación

En esta primera parte del análisis tafonómico está dirigido conocer el origen de la acumulación se divide en tres partes: el estudio de representación, fractura y del grado de digestión que presentan la asociación de fósiles.

**Representación**

El total de fósiles fueron 62, siendo identificados a nivel anatómico y taxonómico, especímenes que solo incluyen roedores sigmodontinos con un número mínimo de 12 individuos (Zapata et al. 2012 y Zapata et al. 2013).



En este caso no se pudieron recuperar partes craneales (cráneo-maxilares y arcos cigomáticos) y radios, así que solamente se trabajó en este análisis con mandíbulas, molares, incisivos y partes postcraneales (húmero, ulna, fémur y tibia).

Elemento	sigmodontinos	%
Cráneo – Maxilar	0	0
Mandíbula	17	27.42
Molar	0	0
Incisivo	20	32.26
Arco Cigomático	0	0
Húmero	5	8.06
Radio	0	0
Ulna	1	1.61
Fémur	14	22.58
Tibia	5	8.06
Total de Especímenes		62

Tabla 01. Número de elementos de sigmodontinos, junto a al porcentaje con respecto al total de especímenes estudiados.

El índice de abundancia relativa (IAR) indica que el promedio es 31.40% (Tabla 01); existe una alta representación de mandíbulas e incisivos, en menor medida los fémures, muy poco representados las ulnas, y la ausencia de cráneos y radios (Figura 01). La relativa uniformidad se refleja en la desviación estándar 29.03 (Tabla 01).

Los índices de relación de restos cráneo-postcraneales demuestran el predominio de restos craneales en particular las mandíbulas.

El índice que confronta los elementos distales y proximales nos muestra una destrucción de los elementos distales.

La ausencia de molares en la recuperación del material fósil, puede ser por las técnicas empleadas para la extracción de los fósiles y nos da un sesgo de muestreo.

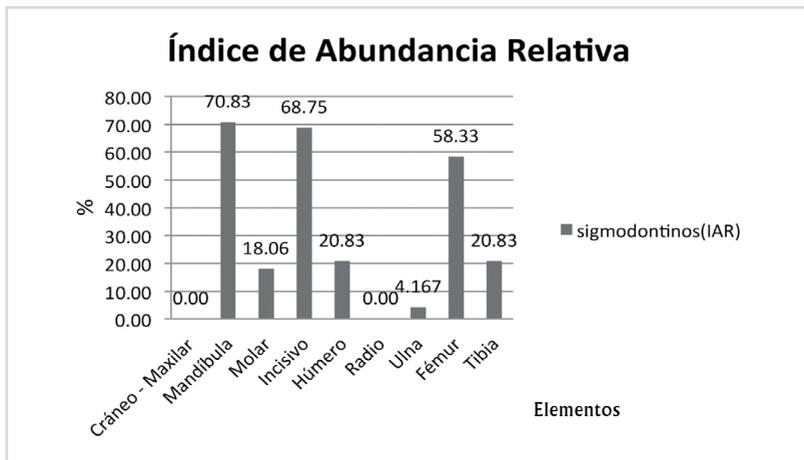


Fig. 4: Zonas de protección propuestas para el yacimiento paleontológico de Pampa La Brea.

	Media Aritmética	Desviación Estándar
Sigmodontinos	31.40	29.03

Tabla 01. Media aritmética y desviación estándar de los índices de abundancia relativa para los sigmodontinos.

Pc/C	2.35
H+F/CMx+Md	1.58
R+T/H+F	0.26
Ms/Av	0

Tabla 02. Índices de relación entre elementos craneales y postcraneales (Pc/C y H+F/CMx+Md), índice de pérdida preferencial de elementos distales (R+T/H+F) e índice de relación entre los molares aislados y los alvéolos vacíos (Ms/Av).

## FRACTURA

La fractura postcraneal en Pampa La Brea solo se pudieron recuperar restos fósiles enteros (68%) y el tipo de fractura epífisis + diáfisis con 32%, para poder comparar este ultimo tipo de fractura con otros trabajos se tendría que sumar la fractura tipo diáfisis entonces el total de la suma equivaldría a fractura tipo diáfisis de trabajos anteriores.

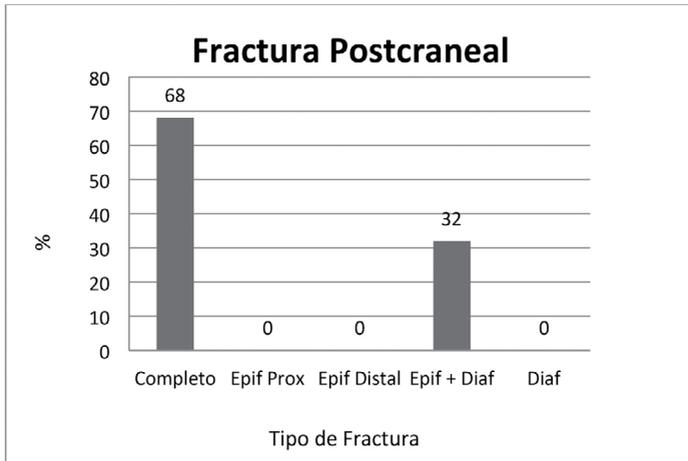


Figura 02. Representación grafica de los tipo de fractura postcraneal de Pampa La Brea. Epif: Epífisis, diaf: diáfisis y prox: proximal.

Las mandíbulas recuperadas de los sigmodontinos no se encontraron mandíbulas enteras, pero si se hallaron mandíbulas con fracturas a, b, c y d, siendo el tipo de fractura b el mejor representado; de la totalidad de mandíbulas analizadas el 70.58% han perdido la rama mandíbular.

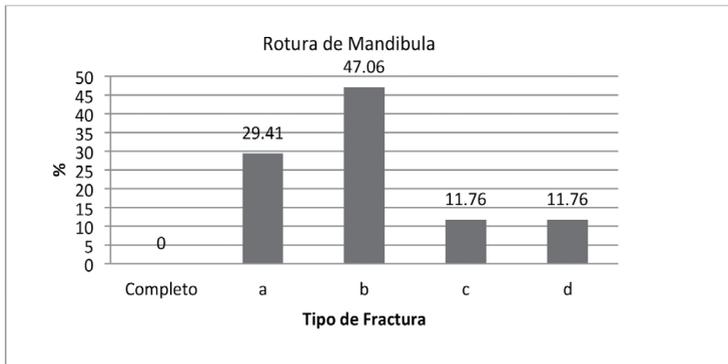


Figura 03. Representación grafica de los tipos de fracturas en los roedores fósiles sigmodontinos.

En los roedores sigmodontinos de Pampa La Brea; existe una mayor pérdida de dientes molares que incisivos, lo mismo pasa en Santa Rosa de Celendín 2 pero en Pampa La Brea el porcentaje de pérdida es considerablemente mayor. Este desprendimiento de porcentaje superior a Santa Rosa Celendín 2 podría ser debido al tipo de depredador o producto de alteraciones postdeposicionales.

### **Pérdida de dientes en sus alvéolos**

		sigmodontinos	Dientes Totales
Mandíbulas	Molares	43.48%	37.29%
	Incisivos	15.38%	

Tabla 03. Porcentajes de molares e incisivos perdidos en cráneo-maxilares y mandíbulas de los roedores fósiles sigmodontinos del yacimiento de Pampa La Brea.

Para Pampa La Brea los molares de los roedores sigmodontinos in situ no hay rotos, la ausencia de de dientes molares aislados puede ser debido a la manera en que se extrajeron los fósiles. (Ver tabla).

En cuanto a los incisivos, los in situ existe mayor porcentaje de enteros (25.81%) y los aislados son los rotos con 41.94%.

### **Fractura y aislamiento en dientes**

Diente	Situación	Fractura	Sigmodontinos	
			n	%
Molares	<i>In situ</i>	Rotos	0	0
		Enteros	26	100
	Aislados	Rotos	0	0
		Enteros	0	0
	Total		26	
Incisivos	<i>In situ</i>	Rotos	3	9.68
		Enteros	8	25.81
	Aislados	Rotos	13	41.94
		Enteros	7	22.58
	Total		31	

Tabla 04. Rotura y aislamiento de molares e incisivos de roedores fósiles sigmodontinos del yacimiento de Pampa La Brea. n: Número de restos; % valor porcentual de incisivos o molares.



## DIGESTIÓN

La corrosión por digestión en este yacimiento solamente llega hasta un grado moderado; en cuanto a los molares es mayor el porcentaje de elementos con ausencia de digestión (53.85%) que los elementos con marcas de corrosión digestiva (46.15%), pero solo llega a un grado de digestión ligera.

En los dientes incisivos el porcentaje de elementos sin marcas de corrosión digestiva es de 60.61% y el 39.39% de elementos con marcas de digestión alcanzado un grado de digestión moderada; los incisivos presenta el mayor porcentajes de restos fósiles con ausencia de marcas digestivas.

Se observa que en los restos postcraneales de roedores fósiles, el 36.84% tiene ausencia de marcas de corrosión digestiva, siendo el menor porcentaje de los elementos fósiles (molares, incisivos y restos postcraneales), estos restos fósiles alcanzan un grado de digestión moderada con un porcentaje de elementos digeridos en total 63.16%.

### Digestión

Grado	Molares		Incisivos		Postcraneal	
	Sigmodontinos		Sigmodontinos		Sigmodontinos	
	n	%	n	%	n	%
Ausente	14	53.85	20	60.61	7	36.84
Ligera	12	46.15	10	30.30	10	52.63
Moderada	0	0	3	9.09	2	10.53
Fuerte	0	0	0	0	0	0
Extrema	0	0	0	0	0	0
Total	26		33		19	

Tabla 05. Grado de digestión de molares, incisivos y elementos postcraneales de roedores fósiles del yacimiento de Pampa La Brea. n : Número de restos; % : valor porcentual con respecto al total.

## Identificación del predador(es) Alteraciones Postdepositacionales

Resumen de las alteraciones por depredación de Pampa La Brea	
Nº Restos (n)	101
Identificados (%)	100
NMI (n)	12
Sigmodontinos (%)	100
Media de IAR (%)	31.40
Desviación Estándar del IAR	29.03
Pc/C	2.35
H+F/CMx+Md	1.58
R+T/H+F	0.26
Ms/Av	0
Fractura postcranial (%)*	68
Fractura cráneos maxilares (%)*	-
Pérdida del arco cigomático (%)	-
Pérdida de dientes en maxilares (%)	-
Fractura mandíbulas (%)*	0
Pérdida de la rama mandibular (%)	70.58
Pérdida de dientes en mandíbulas (%)	37.29
Fractura dientes (%)∅	28.07
Digestión molares (%)∂	46.15/Ligera
Digestión incisivos (%)∂	39.39/Moderada
Digestión postcranial (%)∂	63.16/Moderada

Tabla 06. Resumen de las características tafonómicas de los restos fósiles de Pampa La Brea. n: Número absoluto; %: porcentaje; \* Porcentaje de restos no fracturados; ∅ Dientes (molares e incisivos) fracturados en relación al total de dientes. ∂ Porcentaje de restos digeridos y grado de digestión alcanzado.



Esta es la otra parte del análisis tafonómico donde se describen las alteraciones postdeposicionales que afectan a los fósiles de los micromamíferos de Pampa La Brea, permitiéndonos identificar a los agentes que actúan en la formación de este yacimiento paleontológico. Estas alteraciones no afectan a los restos fósiles de manera diferencial a nivel anatómico y taxonómico; así pues estas alteraciones afectan de manera indistinta a los fósiles estudiados del yacimiento de Pampa La Brea.

La alteración que afecta a todos los fósiles encontrados en este yacimiento es la brea, esta afecta a los 100% de los restos fósiles; pero hay algunos pocos elementos que solo los altera parcial; ósea, que en un principio estos restos fósiles fueron alterados en su totalidad pero como estuvieron expuestos a la meteorización, en especial a la solar, fueron perdiendo en forma parcial el color negro que es la característica de los fósiles de este tipo de yacimiento.

El 22.58% de los fósiles son alterados por pisoteo o trampling. En este tipo de yacimiento estas marcas o señales son productos del roce entre los mismos fósiles o algunos elementos detríticos y líticos. (Shaw y Quinn, 1986; Frisia et al. 2008), debido a los desplazamientos horizontales y verticales que sufre los fósiles dentro del pozo de alquitrán, y mientras más profundos y juntos se encuentren los fósiles mayor serán las marcas superficiales aleatorias que se encuentren (Frisia et al. 2008). Las descamaciones afectan al 19.35% de los restos fósiles de microvertebrados. Las fisuras y agrietamientos representan el 12.90% del total de fósiles, estos agrietamientos son longitudinales de profundidad variable, ocasionalmente se encuentran agrietamientos superficiales.

El 9.68% de los restos estudiados están afectados por la meteorización; en especial la alteración producida por el sol, esta alteración se reflejada en los fósiles de la siguiente manera. Cuando estos son expuestos al sol la impregnación de asfalto o brea empieza a desvanecer por la parte que está expuesta al sol, pasando de un color negro a un gris, luego de gris a gris más claro, después de gris más claro a marrón, de marrón a amarillo, seguido de amarillo a beis, y beis a blanco; finalmente una vez que llega a convertirse en blanco se pueden notar agrietamientos ya descritos por Andrews y Whybrow (2005) producidos por la meteorización especialmente por la radiación solar.

## Alteraciones Postdepositacionales

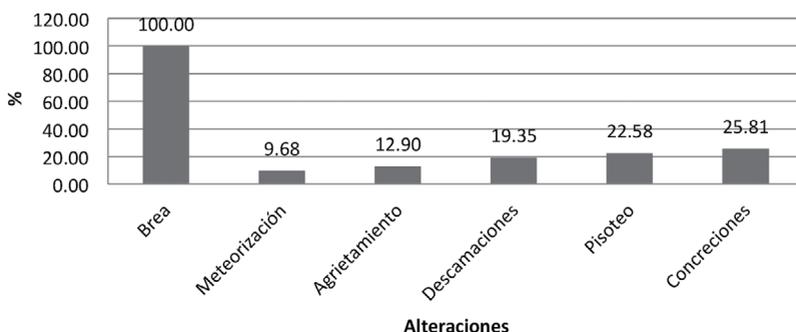


Figura 04. Alteraciones Postdepositacionales identificadas en el yacimiento de Pampa La Brea.

## CONCLUSIONES

La presencia de estos taxones son compatibles con condiciones paleoambientales y paleoclimáticas inferidas anteriormente de manera independiente por diferentes autores: un ambiente de tipo sabana arbórea con un clima más húmedo que en la actualidad posiblemente con temporadas de lluvias anuales.

El estudio tafonómico revela marcas de digestión de grado leve en los molares y moderado en los incisivos y elementos post-craneanos. Pueden haber sido producidas por diferentes tipos de depredadores. Por ejemplo, aves rapaces como la lechuza campestre (*Asio flammeus*), la lechuza de los arenales (*Athene cucularia*) o el halcón peregrino (*Falco peregrinus*), pequeños mamíferos carnívoros como el zorrillo (*Conepatus*) o el zorro de Sechura (*Lycalopex sechurae*) o incluso zarigüeyas (*Didelphis*) son compatibles con las marcas de digestión observadas.

Los procesos postdepositacionales fueron esencialmente impregnación por brea, concreciones, descamaciones, pisoteo, roce de los restos esqueléticos entre sí. Finalmente la meteorización indica que ciertos restos fósiles estuvieron expuestos a agentes de alteración atmosféricos - viento, lluvia y especialmente radiación solar - antes de su descubrimiento.



## **BIBLIOGRAFÍA**

Andrews P. (1990) - Owls, caves and fossils. The University of Chicago Press. London, 231 pp.

Andrews P. & Whybrow P. (2005) - Taphonomic observations on a camel skeleton in a desert environment in Abu Dhabi. *Palaeontologia Electronica*, 8 (1): 1-17.

Frischia A., Van Valkenburgh B., Spencer L. & Harris J. (2008) - Chronology and spatial distribution of large mammal bones in Pit 91, Rancho La Brea. *PALAIOS*, 23: 35-42.

González-Barba G. & Martínez J-N (2008) - Seláceos asociados con roedores en el Plioceno de Chusís (Provincia de Sechura, Departamento de Piura) - Sistemática, biocronología y paleoecología. Resúmenes extendidos del XIV Congreso de Geología y XIII Congreso Latinoamericano de Geología.

Lemon R. R. H. & Churcher C. S. (1961) - Pleistocene geology and paleontology of the Talara region, Northwest Peru. *American Journal of Science*, 259: 410-429.

Reig O. (1978) - Roedores cricétidos del Plioceno superior de la Provincia de Buenos Aires (Argentina). *Publicaciones del Museo de Ciencias Naturales de Mar del Plata "Lorenzo Scaglia"*, 2(8):164-190.  
Shaw C. & Quinn J. (1986) - Rancho La Brea: A look at coastal southern California's past. *California Geology*, 29: 123-133.

Zapata J., Bennàsar M., & Martínez J-N. (2012) - Nuevo registro de roedores sigmodontinos en el Pleistoceno tardío de Pampa La Brea (Talara, Piura, Perú). *Sistemática, inferencias paleoambientales y estudio tafonómico preliminar. Libro de Resúmenes del III Congreso de la Sociedad Peruana de Mastozoología*: 96.

Zapata J., Martínez J-N. & Rincón A. (2013) - Sigmodontine rodents from the Late Pleistocene of the Talara TarSeeps (Northwestern Peru). *Systematics, paleoenvironmental inferences and preliminary taphonomic study. Abstracts of the 73rd SVP Meeting - Supplement to the online Journal of Vertebrate Paleontology*: 243.





# PATOLOGÍAS EN EL REGISTRO FÓSIL DE VERTEBRADOS MARINOS DE LA FORMACIÓN PISCO, PERÚ: EL CASO DE LA LOCALIDAD DE AGUADA DE LOMAS (NIVEL HUESO BLANCO)

*Manuel Alejandro BURGA CASTILLO<sup>1, 2</sup>, Rafael M. VARAS-MALCA<sup>1</sup> y Mario URBINA-SCHMITT<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup> Departamento de Paleontología de Vertebrados, Museo de Historia Natural, Universidad Nacional Mayor de San Marcos*

*<sup>2</sup> E-mail: manuel.burga.c@upch.pe*

## INTRODUCCIÓN

Los elementos óseos de los organismos nos brindan información importante como la forma, el tamaño, el modo de locomoción, incluso la calidad de vida. Es así que ciertas patologías asociadas a procesos metabólicos deficientes o por factores hereditarios o ambientales son observables en el tejido conectivo esquelético, sobretudo en individuos de edad adulta o senil. De esta forma, es esperable que los organismos que vivieron en épocas geológicas pasadas, y que se conocen a través de sus huesos fosilizados, también presenten trastornos esqueléticos observables.

Las investigaciones previas han podido identificar algunas enfermedades presentes en vertebrados fósiles de diferentes edades geológicas y latitudes, como osteoartritis en dinosaurios (Rothschild, 1990), o necrosis avascular en reptiles marinos (Rothschild y Martin, 1987). Por su parte, Amson et al. (2015) señala la presencia de una condición patológica en la mano de un espécimen del perezoso acuático *Thalassocnus carolomartini* (MUSM 156), procedente del sur del Perú, pero sin una determinación precisa de la enfermedad. A nuestro conocimiento, ningún otro trabajo ha reportado enfermedades en vertebrados fósiles peruanos.

Con el objetivo de evidenciar y diagnosticar paleopatologías adicionales en fósiles de la comunidad de tetrápodos marinos de la formación Pisco se revisó la colección alojada en el Departamento de Paleontología de Vertebrados del Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, que actualmente es la más grande del país.

Se revisaron más de 300 especímenes de las distintas localidades de la formación Pisco en el área de Sacaco. Nuestro trabajo se centra preliminarmente en el nivel Hueso Blanco.

### **Contexto geológico**

Los sedimentos de la formación Pisco fueron depositados durante la más reciente de tres transgresiones marinas principales que ocurrieron a lo largo de la costa sur peruana, en la llamada cuenca Pisco. En el norte de Arequipa, esta formación aflora en el área de Sacaco, y en donde algunas localidades han sido reconocidas (ver Muizon y DeVries, 1985) y su edad cronológica estimada (ver Muizon y Bellon, 1986, Ehret et al. 2012).

La localidad de Aguada de Lomas (AGL) posee algunos niveles que han sido datados radiocronológicamente con K/Ar en 8 y 8.8 millones de años (Ma). Brand et al. (2011) reconoce diversos puntos en AGL, de las cuales Hueso Blanco (cuyo nombre se debe al color de los huesos fósiles) se ubica en el punto LM 10 de su columna estratigráfica, caracterizado por tener un blanco prominente en afloramientos de arenisca de grano fino con niveles tufáceos y diatomíticos.

### **Resultados y discusión**

Se encontraron al menos tres especímenes con malformaciones óseas (ver tabla 1). Los tres presentan crecimiento anormal de tejido óseo que se proyecta por encima del periostio, característica que concuerda con el osteosarcoma. Este es un tipo de cáncer que afecta principalmente los huesos con osificación endocronal como en los huesos largos (e.g. fémur) y particularmente las metáfisis, en donde existe gran proliferación de osteoblastos responsables del crecimiento del hueso.

Resulta interesante la ocurrencia de esta patología en tres taxones no relacionados y en tres ubicaciones anatómicas distintas. Sin embargo, este escaso registro dificulta hacer inferencias a nivel de poblaciones.

Debido a que Hueso Blanco es un ambiente de playas agitadas (Marocco y Muizon, 1988), los esqueletos a menudo se encuentran disociados, limitando así evidenciar un mayor compromiso en otros elementos óseos.

Una hipótesis para evaluar con un registro más significativo es el papel del silicio en las malformaciones óseas. En Hueso Blanco se encuentran capas niveles tobáceos de varios centímetros de espesor lo que sugiere una intensa



actividad volcánica que posiblemente aumentó la biodisponibilidad de silicio en los mares. Estudios en otros vertebrados han demostrado una correlación directa entre el silicio y la mineralización y densidad óseas (Raya Pérez y Aguirre Mancilla, 2012) y es posible que concentraciones altas de este mineral de podría haber causado anomalías en las tasas de remodelación del hueso de los vertebrados encontrados.

Código	Taxón	Material
MUSM 2607	Cetacea, Mysticeti	Costilla parcial
MUSM 2608	Reptilia, Crocodylia	No identificable
MUSM 2636	Pinnipedia, Phocidae	Metápodo

Tabla 1. Especímenes de tetrápodos marinos del nivel Hueso Blanco (AGL, Fm Pisco) que presentan patologías

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anson, Eli, et al. 2015. Osteology and functional morphology of the forelimb of the marine sloth *Thalassocnus* (Mammalia, Tardigrada). *Journal of Mammalian Evolution* 22(2): 169-242.

Brand, Leonard, et al. 2011. A high-resolution stratigraphic framework for the remarkable fossil cetacean assemblage of the Miocene/Pliocene Pisco

Formation, Peru. *Journal of South American Earth Sciences* 31: 414 – 425.

Ehret, Dana. et al. 2012. Origin of the White Shark *Carcharodon* (Lamniformes: Lamnidae) based on recalibration of the Upper Neogene Pisco Formation of Peru. *Palaeontology* 55(6): 1139-1153.

Marocco, R. y Christian de Muizon. 1988. Los vertebrados del Neógeno de la costa sur del Perú: Ambiente sedimentario y condiciones de fosilización.

*Bulletin de l'Institut Francais d'Études Andines* 17(2): 105-117.

Muizon, C. de and Bellon, H. 1986. Nouvelles données sur l'âge de la Formation Pisco (Pérou). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences Paris* 303: 1401–1404.

Muizon, Christian de, y Thomas J. DeVries. 1985. Geology and paleontology of late Cenozoic marine deposits in the Sacaco area (Peru). *Geologische Rundschau* 74(3): 547-563.

Raya Pérez, Juan Carlos y César L. Aguirre Mancilla. 2012. El papel del Silicio en los organismos y ecosistemas. *Conciencia Tecnológica* 43: 42-46.

Rothschild, Bruce M. 1990. Radiologic assessment of osteoarthritis in dinosaurs. *Annals of the Carnegie Museum* 59:295-301.

Rothschild, Bruce M. y Larry D. Martin. 1987. Avascular necrosis: Occurrence in diving Cretaceous mosasaurs. *Science* 236: 75–77.







# EL CATÁLOGO PALINOLÓGICO DE LA UNIVERSIDAD PERUANA CAYETANO HEREDIA Y SU APLICACIÓN EN LA RECONSTRUCCIÓN PALEOAMBIENTAL DEL SITIO ARQUEOLÓGICO “LAS SHICRAS” (HUARAL-PERÚ)

---

*Claudia R. Morales Pantoja\**

*\*Laboratorio de Palinología y Paleobotánica, Sección de Ciencias Ambientales (LID), Facultad de Ciencias y Filosofía, Universidad Peruana Cayetano Heredia  
claudia.morales.p@upch.pe*

## **RESUMEN**

En los análisis paleopalínológicos de sedimentos arqueológicos, es imprescindible el uso de catálogos de flora palinológica actual en la determinación de taxones desconocidos. El conocimiento de la flora que coexistía con las culturas antiguas nos ayuda a comprender el contexto en que estas se desarrollaron. En el presente estudio, se determinaron los palinomorfos de las muestras de sedimentos del Sitio Arqueológico “Las Shicras” con la ayuda del Catálogo Palinológico de la Universidad Peruana Cayetano Heredia, lográndose identificar taxones a nivel de especie, de género y de familia botánica; lo que permitió determinar la forma de vida y usos de la flora identificada.

**Palabras clave:** Paleopalínología, Arqueología, flora peruana.

## **SUMMARY**

The use of modern palynological flora catalogues is essential in the determination of unknown taxa for paleopalynological analysis from sediments. The knowledge of the flora that coexisted with ancient cultures helps us to understand the context in which those cultures developed. In this contribution, I characterized the “Las Shicras” Archaeological Site’s palynomorphs from sediment samples. The Cayetano Heredia Peruvian University Palynological Catalogue was used as an identification tool which allowed us to determinate different taxa at species, genus and botanical family level; furthermore, it is indicates the identified flora’s habitat and anthropological use.

**Key words:** Paleopalynology, Archaeology, Peruvian flora.

## INTRODUCCIÓN

La Paleopalinología aplicada a la arqueología, estudia los granos de polen y esporas fosilizados en sedimentos arqueológicos (López et al, 2003). Las razones por las que el polen es útil en este tipo de estudio son: (a) su ubicuidad, al aparecer en registros fósiles marinos y continentales; (b) su alta producción por las plantas, esto hace que su depositación en suelos y sedimentos sea abundante; (c) su composición, la pared del grano de polen está constituida por esporopolenina que es considerada una de las sustancias más resistentes a la degradación en medio ácido que se conoce en la naturaleza (Estévez & Pajón, 2006; Traverse, 1988).

El análisis de estos microfósiles orgánicos permite reconstruir la sucesión vegetal, investigar varios aspectos del ambiente del pasado (D'Antoni, 2008) y conocer los hábitos culturales y estilos de vida que tuvieron las culturas pasadas, ya que al tener un registro de la flora de aquellas épocas a través de su polen y conociendo sus requerimientos ecológicos podremos inferir las condiciones climáticas en las que se desarrollaron estas culturas (Estévez & Pajón, 2006).

Para usar la información del pasado encerrada en el polen fósil de los depósitos sedimentarios es necesario un sólido conocimiento de los tipos de polen y esporas de las plantas actuales que sirva como base de comparación; así, el desarrollo de los atlas palinológicos o flora palinológica actual permite el estudio detallado de los granos de polen y su clasificación en el ámbito taxonómico, dando como resultado una interpretación más específica de las particularidades de la vegetación que se establece en un lugar determinado.

Desde el 2005, se ha venido implementando la Palinoteca de Referencia de la Universidad Peruana Cayetano Heredia; el material polínico se procesó utilizando el Método de Acetólisis descrito en Erdtman (1960).

Actualmente, la palinoteca cuenta con más de 2200 ejemplares entre los cuales podemos encontrar muestras de polen de plantas usadas por los antiguos peruanos como por ejemplo: *Zea mays* “maíz”, *Gossypium barbadense* “algodón”, *Inga feuillei* “pacay” *Psidium guajava* “guayaba”, *Pouteria lucuma* “lúcuma”, *Cucurbita maxima* “zapallo”, entre otros.



El objetivo del presente trabajo es identificar los granos de polen de las muestras de sedimento del Sitio Arqueológico “Las Shicras” con la ayuda del Catálogo palinológico de la Universidad Peruana Cayetano Heredia el cual nos permitirá realizar la reconstrucción paleoambiental asociado a este Sitio arqueológico.

## **METODOLOGIA**

Las muestras de sedimento provenientes del Sitio Arqueológico “Las Shicras” fueron procesadas siguiendo la metodología descrita en Traverse (1988) para la extracción de palinomorfos, agregando pastillas de *Lycopodium* como marcador. Se analizaron y fotografiaron los especímenes hallados bajo el microscopio de luz para su comparación con las microfotografías del Catálogo Palinológico de la Universidad Peruana Cayetano Heredia.

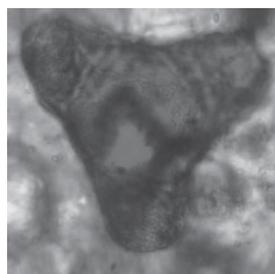
Luego de la identificación de los taxones, se determinaron los hábitos y usos según el Diccionario Enciclopédico de Plantas Útiles del Perú (Brack, 1999) y el de Etnobotánica del Perú: Desde la prehistoria al presente (Ugent & Ochoa, 2006).

## **RESULTADOS**

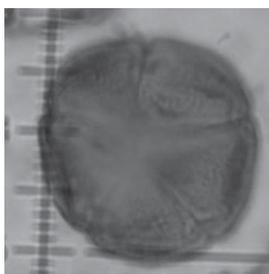
De acuerdo a la morfología polínica de los taxones encontrados en el sedimento del Sitio Arqueológico “Las Shicras” se logró identificar granos de polen a nivel de familia, género y especies (Fig. 1). Una vez identificados, revisamos lo concerniente a la utilidad que estos presentan, detallado en la Tabla 1.

En el proceso de identificación del polen, el Catálogo Palinológico de la Universidad Peruana Cayetano Heredia sirvió de apoyo para lograr el objetivo propuesto. Este Catálogo contiene: 571 ejemplares pertenecientes a 95 familias gran parte de ellos de la Sierra del Perú, además de muestras donadas por el Missouri Botanical Garden; microfotografías de los granos de polen en vista polar y ecuatorial; y una tabla en la que se detalla el tipo de apertura y ornamentación de la exina de cada ejemplar.

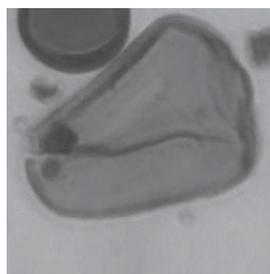
Este viene siendo editado para su posterior publicación, las primeras copias del mismo puede ser utilizadas en el Laboratorio de Palinología y Paleobotánica de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (Fig. 2).



*Oenothera* cf. *rosea*



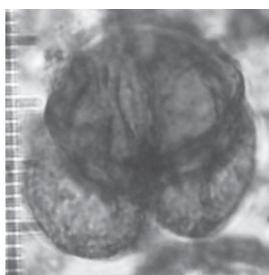
*Cyclantera* *pedata*



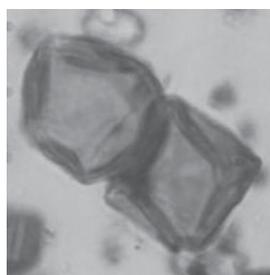
*Schoenoplectus* cf. *americanus*



*Pachyrhizus* sp



*Podocarpus* sp



*Schinus molle*

Figura 1. Especies encontradas en los sedimentos arqueológicos de “Las Shicras”.

## DISCUSIÓN

Los géneros *Alnus* y *Schoenoplectus* representan a taxones asociados a espacios húmedos; la presencia de *Fabaceae*, *Poaceae*, *Convolvulaceae* y *Amaranthaceae* indican actividades agropastoriles; la morfología del polen de *Podocarpus* le permite viajar largas distancias, por lo que nos están indicando una señal regional o extra-regional y no una presencia local. (Hernández et al, 2003)

Las plantas herbáceas son las más numerosas en el análisis paleopalinológico del sedimento de “Las Shicras”, esto indica la existencia de espacios abiertos y antropizados. La intervención del hombre en un ecosistema se refleja en el cambio de la estructura vegetal de este ambiente, la dinámica de la antropización debe entenderse como un proceso desarrollado en el tiempo y en el espacio, que conlleva toda una serie de modificaciones en los ecosistemas que son perceptibles palinológicamente (López et al, 2013).



TAXÓN	FAMILIA	UTILIDAD
<i>Acacia macracantha</i>	Fabaceae	Árbol de madera dura y resistente, muy adecuadas para arados.
<i>Alnus</i>	Betulaceae	Árbol de madera blanca y suave, es apreciada para muebles rústicos y construcciones
<i>Alternanthera cf. halimifolia</i>	Amaranthaceae	Hierba medicinal
<i>Ambrosia</i>	Asteraceae	Hierba medicinal
<i>Begonia geraniifolia</i>	Begoniaceae	Hierba medicinal y alimenticia (rizomas)
cf. <i>Cestrum</i>	Solanaceae	Hierba ornamental, algunas especies medicinales
Cheno/Am	Amaranthaceae	Hierba. Tipo palinológico que incluye a los géneros <i>Chenopodium</i> y al género <i>Amaranthus</i> (especies silvestres).
<i>Cucurbita</i>	Cucurbitaceae	Hierba alimenticia (familia de la calabaza y zapallo).
<i>Cyclanthera cf. pedata</i>	Cucurbitaceae	Hierba medicinal y alimenticia
<i>Desmodium cf. adscendes</i>	Fabaceae	Hierba medicinal
<i>Ephedra</i>	Ephedraceae	Hierba medicinal
<i>Ipomoea</i>	Convolvulaceae	Hierba alimenticia, ornamental y medicinal
<i>Inga feuilleei</i>	Fabaceae	Árbol de valor alimenticio
cf. <i>Lepidium</i>	Brassicaceae	Hierba medicinal y alimenticia
<i>Lupinus</i>	Fabaceae	Hierba o arbusto ornamental y alimenticio
<i>Oenothera cf. rosea</i>	Onagraceae	Hierba medicinal (cataplasma)
<i>Pachyrhizus</i>	Fabaceae	Hierba medicinal y alimenticia
<i>Phyla</i>	Verbenaceae	Hierba medicinal y ornamental
Poacea	Poaceae	Familia de las gramíneas (pastos, cañas, bambúes)
<i>Podocarpus</i>	Podocarpaceae	Árbol ornamental, de madera muy apreciada
<i>Pouteria lucuma</i>	Sapotaceae	Árbol de valor alimenticio
<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae	Árbol de valor alimenticio, forestal, medicinal y usado como insecticida
<i>Schinus molle</i>	Anacardiaceae	Árbol de valor alimenticio, medicinal y forestal.
<i>Salvia cf. paposana</i>	Lamiaceae	Hierba o arbusto ornamental
<i>Schoenoplectus cf. americanus</i>	Cyperaceae	Hierba, usada en cestería
cf. <i>Sida</i>	Malvaceae	Hierba o arbusto de valor medicinal, usado en fabricación de utensilios
<i>Stevia</i>	Asteraceae	Hierba de valor medicinal
<i>Tropaeolum</i>	Tropaeolaceae	Hierba de valor alimenticio y medicinal
<i>Trixis</i>	Asteraceae	Arbusto de valor medicinal
<i>Zea mays</i>	Poaceae	Hierba de valor alimenticia, forraje

Tabla 1. Listado de taxones indicando su utilidad.

## **CONCLUSIONES**

El Catálogo Palinológico de la Universidad Peruana Cayetano Heredia presenta imágenes de polen de la flora peruana lo que ha facilitado la identificación de los taxones de las muestras de sedimento del Sitio Arqueológico “Las Shicras”; junto con los datos de hábito y usos de las plantas, podemos dilucidar el tipo de ambiente en el que se desarrolló esta cultura del periodo Arcaico Tardío (2850 a.C. – 2000 A.C.).

## **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

Brack, A. 1999. Diccionario Enciclopédico de Plantas Útiles del Perú. Centro de Estudios Regionales Andinos “Bartolome de Las Casas”. Cuzco. 556p.

Huamán, L. 2015. Catálogo Palinológico de la Universidad Peruana Cayetano Heredia, in press, Laboratorio de Palinología y Paleobotánica.

D’Antoni, H. 2008. Arqueoecología: Sistemática y Caótica. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid. 278p.

Erdtman, G. 1960. The acetólisis meted - a revised description. Svensk Botanisk Tidskrift. 54(4): 561-564.

Estévez, Y., & Pajón, J. M. 2006. Consideraciones del análisis palinológico en reconstrucciones paleoambientales aplicadas a las investigaciones arqueológicas. Disponible en: [http://cubaarqueologica.org/document/ant06\\_estevez.pdf](http://cubaarqueologica.org/document/ant06_estevez.pdf)

Hernández C., A. M.; López G., P; López S., A. (2003). Estudio Paleambiental y Paleoeconómico de la cuenca media del Guadiana durante el I Milenio BC: El Cerro del Castillo de Alange y el Cerro de la Muela de Badajoz. SPAL 12: 259-282

López, J. A., Iriarte-Chiapusso, M. J. & Burjachs, F. (2013). Arqueopalínología. En: Métodos y Técnicas de análisis y estudio en arqueología prehistórica, De lo técnico a la reconstrucción de los grupos humanos. M. García-Díez y L. Zapata (eds.). Universidad del País Vasco, Servicio Ed. 273-290p

López, J.A.; López G., P & Burjachs, F. 2003. Arqueopalínología: Síntesis Crítica. Polen 12:5-35.



Traverse, A. 1988. Paleopalynology. Unwin/Hyman Ltd., U.K., 600p.  
Ugent, D. & C. M. Ochoa. 2006. La Etnobotánica del Perú: Desde la prehistoria al presente. Primera edición. CONCYTEC. Perú. 379 pp.

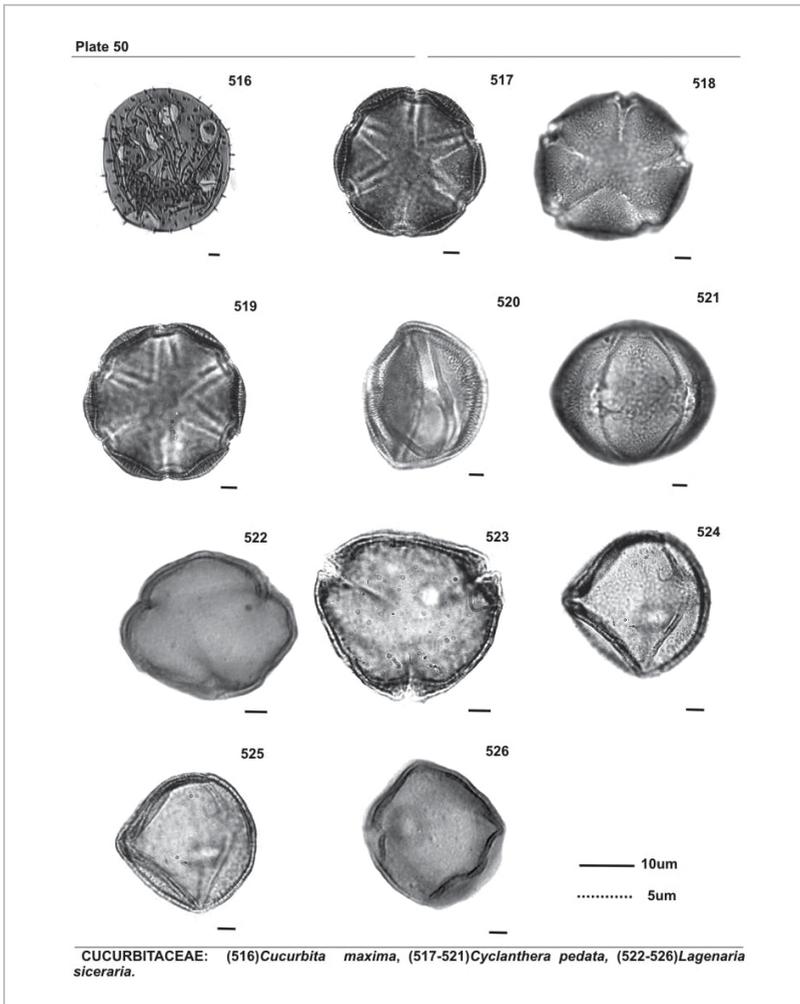


Figura 2. Imagen del Plate 50 del Catálogo Palinológico de la Universidad Peruana Cayetano Heredia.





# ANÁLISIS DE MICRO RESTOS VEGETALES EN SEDIMENTOS ARQUEOLÓGICOS DEL SITIO GRAMALOTE PERIODO INICIAL (1500-1200 A.C.), LA LIBERTAD, PERÚ

---

*Fiorella Villanueva Rojas*

*Laboratorio de Palinología y Paleobotánica. Universidad Peruana Cayetano Heredia. Av. Honorio Delgado N° 430, San Martín de Porres, Lima 31, Perú.  
fiorella.villanueva.r@gmail.com*

## **ABSTRACT**

Gramalote is a 3500 years old fishing community located close to the shoreline in the Huanchaco Bay, North Coast of Peru. Based on the sediments analysis recovered from different occupational levels in this site, it is reported here- pollen grains and phytoliths from sixteen samples. The main goal of this study is to identify the plant diversity that developed around the Gramalote Site. A total of 26 taxa of pollen grains and 13 diagnostic morphotypes of phytoliths were identified. Based on these results, Gramalote was surrounded by a great diversity of plants such as Acacia, Ambrosia and Zea mays which were used by this maritime community in its daily activities.

**Key words:** Phytoliths, pollen, sediments, Gramalote.

## **RESUMEN**

Gramalote es una comunidad de pescadores de 3500 años de antigüedad situado cerca de la costa en la bahía de Huanchaco, costa norte de Perú. A partir del análisis de los sedimentos recuperados de diferentes niveles ocupacionales en este sitio, se reporta granos de polen y fitolitos en 16 muestras. El objetivo principal de este estudio es identificar la diversidad de plantas que se desarrollaron alrededor del sitio de Gramalote. Un total de 26 taxones de granos de polen y 13 morfotipos diagnósticos de fitolitos fueron identificados. Basado en los resultados, Gramalote estuvo rodeado de una gran diversidad de plantas Acacia, Ambrosia y Zea mays como que fueron usadas por esta comunidad marítima en sus actividades diarias.

**Palabras clave:** Fitolitos, polen, sedimentos, Gramalote.

## **INTRODUCCIÓN**

La identificación de microrestos vegetales en contextos arqueológicos proporciona una amplia gama de información acerca de las actividades socioeconómicas, patrones de subsistencia, dieta, uso de plantas, costumbres y la flora existente en los alrededores de las antiguas civilizaciones.

Los granos de polen son estructuras que se originan en el saco polínico o microesporangio como consecuencia de la meiosis de las células madres del polen desarrolladas a partir del arqueosporio; siendo su principal característica su resistencia a la acción de ácidos, bases fuertes y al calentamiento hasta 300°C (Saenz, 1978). Otro tipo de microresto vegetal son los fitolitos, cristales de sílice de tamaño y forma variada que se producen en las células vegetales como consecuencia de un proceso de mineralización (Zurro, 2006); cuando la planta muere y se degrada, los fitolitos no se desintegran y permanecen depositados en el suelo (Piperno, 2006).

Gramalote es una comunidad de pescadores de 3500 años de antigüedad situado cerca de la costa en la bahía de Huanchaco, costa norte de Perú (Prieto, 2011), los estudios realizados en el sitio han definido actividades asociadas a las extracción y consumo de recursos marinos complementada con una dieta de plantas cultivadas (Poroski, 1979; Pozorski & Pozorski 1979; Velásquez 1987 citados por Briceño & Billman 2008).

El análisis de sedimentos recuperados en diferentes niveles ocupacionales en este sitio muestra la presencia de granos de polen y fitolitos. El objetivo principal de este estudio es identificar la diversidad de plantas que se presentan alrededor del sitio de Gramalote.

## **METODOLOGÍA**

### **Área de estudio:**

El sitio arqueológico Gramalote se encuentra ubicado en el departamento de La Libertad, provincia de Trujillo, distrito de Huanchaco, poblado menor de Huanchaquito. Sus coordenadas son 8°06'04.63" S 79°06'25.12" O, mide 2.36 hectáreas y se encuentra a 330 metros de la orilla de la playa.



### **Obtención y descripción del material arqueológico:**

Las muestras de sedimentos pertenecen a las Unidades de Excavación I, II y IV, obtenidas durante la temporada de excavación 2010 y 2011. Cronológicamente los sedimentos corresponden a las fases de ocupación 2 (1400-1300 a. C) y 3 (1300-1200 a. C). Estas muestras fueron tomadas de contextos de piso, relleno de estructuras arquitectónicas y de hoyos que durante el momento de uso en Gramalote fueron excavados para diversos fines. Aproximadamente se extrajo 100 gramos de sedimento por cada muestra los cuales fueron transportados en bolsas de plástico con cierre hermético para evitar la contaminación.

El proceso para la recuperación de microrestos vegetales se realizó en el Laboratorio de Palinología y Paleobotánica de la Universidad Peruana Cayetano Heredia. La metodología empleada para la extracción de granos de polen fue descrita en Traverse (1988) y para fitolitos se utilizó lo propuesto por Horrocks (2005).

### **Observación, identificación y procesamientos de datos:**

Se utilizó un Microscopio Carl Zeis Modelo Axioskop, observándose las muestras a un aumento de 400X; el medio de montaje para la observación de granos de polen fue glicerina y para fitolitos, Permout™. En la identificación de microrestos vegetales se consultó bibliografía especializada (Piperno, 2005; Madella et al., 2005; Kapp & King, 2000; Roubik & Moreno, 1991). Los resultados fueron presentados en gráficas de presencia/ausencia realizadas en el programa C2 (Juggins, 2007).

## **RESULTADOS:**

### **Análisis de polen:**

A partir del procesamiento de muestras, se reporta 26 taxones de granos de polen, agrupados en 15 familias y 20 géneros; además se observó la presencia de esporas de helechos en todas las muestra de sedimentos.

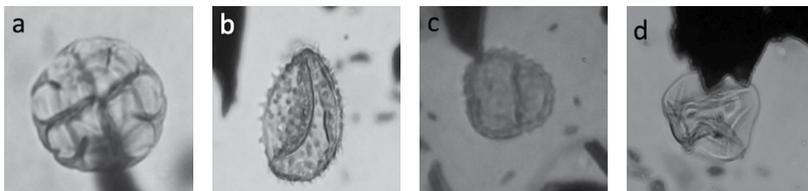


Figura 1: Granos de polen encontrados en las muestras de sedimentos. a. *Acacia* sp., b. Grano de polen de la familia *Malvaceae*, c. *Ambrosia* sp., d. *Zea mays*.

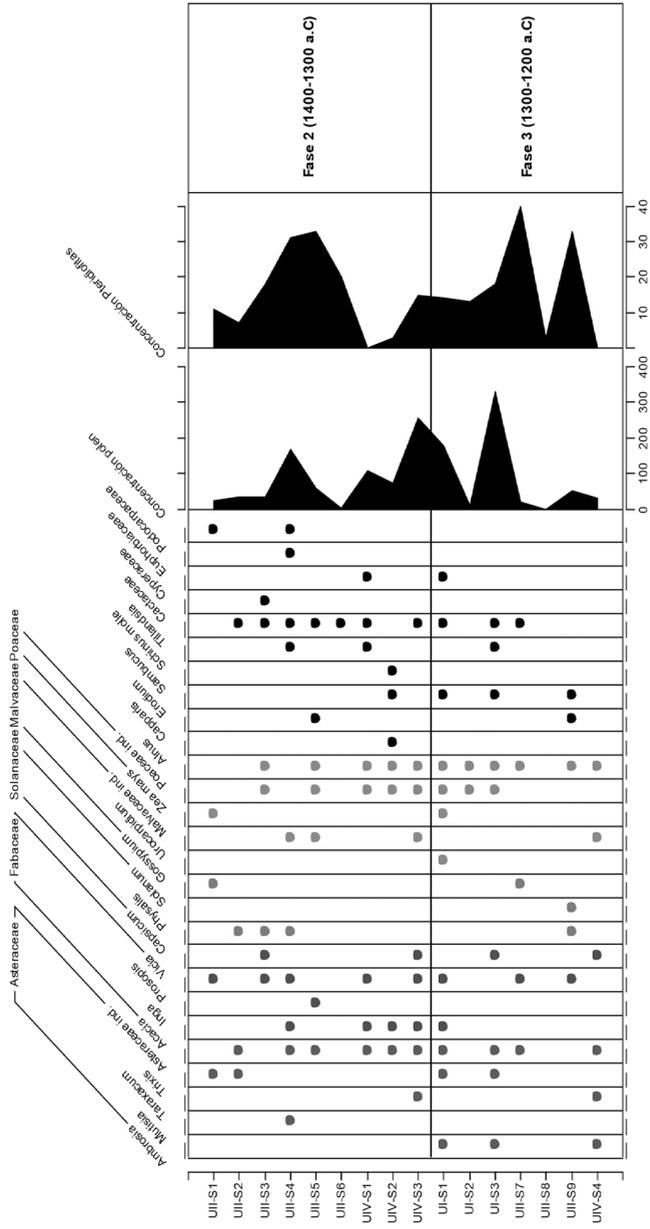


Gráfico 1. Análisis cualitativo de las muestras de sedimento, los códigos del lado izquierdo indican el número de proceso de cada muestra arqueológica, los puntos de colores representan las agrupaciones de los géneros en familias; los histogramas indican las concentraciones de granos polen y helechos. Se han diferenciado en dos periodos de tiempo: Fase 2 (1400-1300 a. C) y Fase 3 (1300-1200 a. C)



### **Análisis de fitolitos:**

Se reportan 13 formas diagnósticas: Poaceae (Subfamilias Bambusoideae, Chloroideae, Festucoideae, Panicoideae), Pteridophyta, Asteraceae, Bromeliaceae-Arecaceae, Cannaceae-Marantaceae, Cucurbitaceae, Cyperaceae, Fabaceae, Lauraceae; además se reportaron morfotipos no diagnósticos y organismos marinos (diatomeas y restos de esponja). Todos los morfotipos fueron encontrados en ambas fases de ocupación (2 y 3).

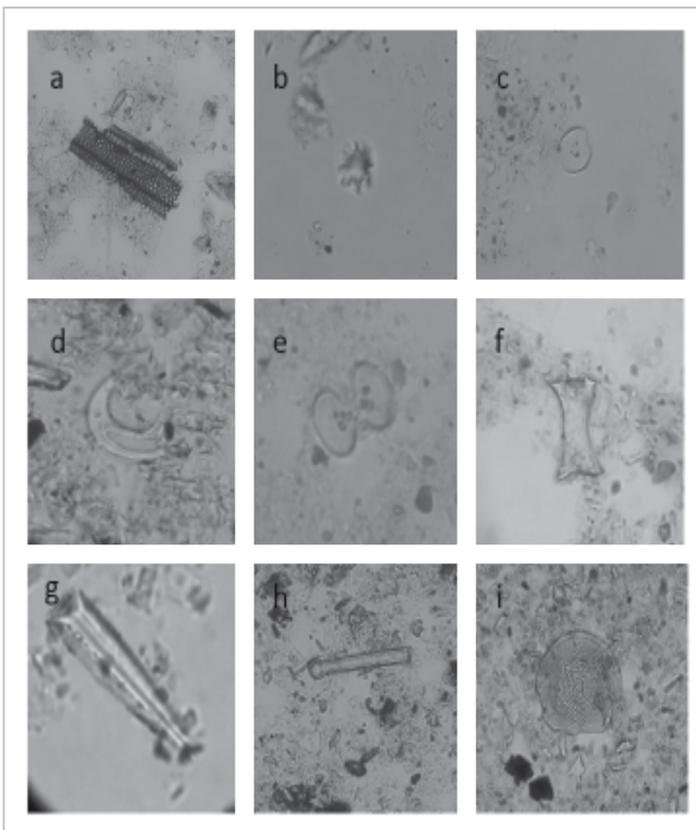


Figura 1: Granos de polen encontrados en las muestras de sedimentos. a. *Acacia* sp., b. Grano de polen de la familia Malvaceae, c. *Ambrosia* sp., d. *Zea mays*.

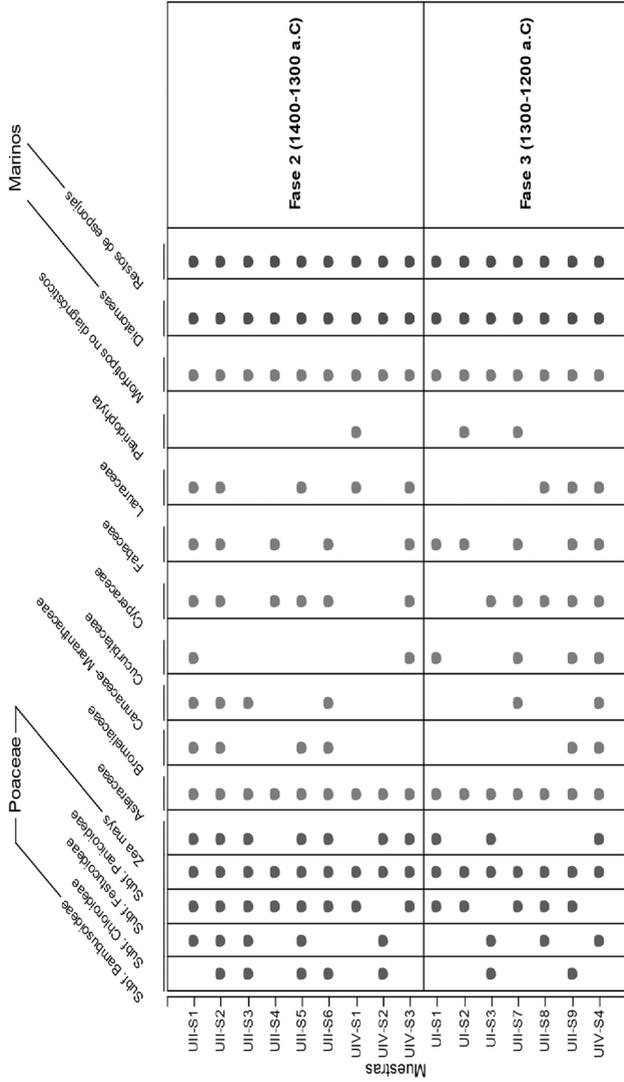


Gráfico 2. Análisis cualitativo de las muestras de sedimento, los códigos del lado izquierdo indican el número de proceso de cada muestra arqueológica. Los puntos verdes agrupan a las subfamilias de poáceas; los rojos, otros morfotipos diagnósticos y no diagnósticos; los azules, organismos marinos. Se han diferenciado dos periodos de tiempo: Fase 2 (1400-1300 a. C) y Fase 3 (1300-1200 a. C).



## DISCUSIONES

Los resultados del presente estudio demuestran que a partir de la identificación de granos de polen y fitolitos en muestras de sedimentos se puede distinguir una vegetación variada que creció en los alrededores del Sitio a lo largo de las Fases de ocupación 2 y 3.

Durante la Fase de ocupación 2, las asteráceas fueron representadas por 3 géneros: *Mutisia* creció en el sitio, sin embargo la presencia de *Taraxacum* y *Trixis* se debe a la lluvia polínica proveniente de áreas actuales de cultivo (Paredes, 2013).

Las fabáceas crecieron asociados a ecosistemas específicos. *Acacia* por su requerimiento constante de agua creció cerca de la Quebrada Gramalote (Prieto, 2011); *Prosopis*, fuente de recursos maderables y comestibles (Ugent, 2006; Fernández & Domínguez, 2007), por crecer en zonas desérticas estuvo asociada a la zona sur y este del sitio según descripción realizada por Prieto (2011,2015); *Inga*, género arbóreo del cual se consumen los frutos, creció en los alrededores; sin embargo los granos de polen de *Vicia* llegaron como parte de la lluvia polínica después de la ocupación de Gramalote (Villanueva, 2014).

*Solanum* y *Capsicum* parte de la familia Solanaceae, poseen frutos comestibles los cuales han sido aprovechados por los antiguos pobladores, su uso se confirma con la presencia de restos de frutos disecados en las Unidades de Excavación I y II ( Prieto 2011).

Las cucurbitáceas y lauráceas, crecen en zonas costeras y poseen importancia tanto ornamental como alimenticia (Brack, 1999), referencias arqueológicas ubican la presencia de estas familias desde el Periodo precerámico (Ugent, 2006), el hallazgo de sus fitolitos indicarían que crecieron en los alrededores del sitio y que los frutos de las mismas fueron aprovechados como alimentos (Villanueva, 2014).

Las cactáceas y bromeliáceas por estar asociadas a zonas desérticas, se ubicaron hacia el este y sur.

Las cannáceas crecieron como plantas ornamentales, sin embargo el género *Canna*, fue posiblemente una de las primeras plantas domesticadas en la costa norte (Yacovlef & Herrera, 1935), por lo que los pobladores de Gramalote pudieron haber consumido sus rizomas (Ugent, 2006).

Las subfamilias Bambusoideae y Chloroideae crecen como maleza (Veintimilla, 1999), formando parte de la flora del sitio. Panicoides y Festucoides crecen en ambientes húmedos (Lavalley & Julien, 2012), esta información se complementa con la presencia de diatomeas y restos de esponjas las cuales confirman que en los alrededores de Gramalote hubo ambientes marinos y continentales. (Prieto 2011, 2015).

Las ciperáceas crecieron como maleza y estuvieron asociados a los humedales cercanos, los antiguos pobladores usaban los tallos para la confección de cestas y caballitos de totora (Towle, 1961; Fernández & Domínguez, 2007).

*Zea mays* fue una fuente importante de nutrientes, una de las evidencias más antiguas de su consumo y cultivo en la costa norte se encuentran en Paredones y Huaca Prieta (Grobman et. al 2011), la presencia de granos de polen y fitolitos indican su cultivo y consumo en el sitio.

*Schinus molle* crece cerca de acequias y ríos (Fernández & Domínguez, 2007; Mostacero et al., 2011), por lo que estuvo vinculada a la Quebrada Gramalote. Otros géneros como *Alnus*, *Urocarpidium*, *Sambucus*, *Erodium* y *Capparis* crecieron como parte de la flora en los alrededores de las Unidades de excavación.

En la fase de ocupación 3, no se registraron grandes cambios en la vegetación. *Ambrosia* aparece entre las asteráceas como parte de la flora invasora, así como *Trixis* y *Taraxacum*.

Entre las fabáceas *Acacia* y *Prosopis* siguen creciendo en los alrededores y *Vicia* aparece por la lluvia polínica. En las solanáceas, *Capsicum*, *Solanum* y *Physalis* fueron aprovechados como alimento por la evidencia de restos de frutos en las Unidades de Excavación.

Cucurbitáceas, lauráceas y bromeliáceas se ubican en los alrededores, lo cual se puede constatar con el hallazgo de restos de inflorescencias y hojas (Prieto, 2011); en tanto las cannáceas se presentan como plantas ornamentales.

Las subfamilias Bambusoideae y Chloroideae además de las ciperáceas siguen creciendo como maleza, la presencia de Panicoides y Festucoides indican aún la presencia de ambientes húmedos en esta fase.



Por la presencia de fitolitos y granos de polen de *Zea mays*, esta especie sigue siendo una fuente de alimento importante. *Schinus molle* creció vinculado a la Quebrada Gramalote.

*Gossypium* aparece en esta fase, según Ugent (2006) su aparición en la costa se da hacia 1200 a.C, sin embargo el hallazgo de restos vegetales anterior a esta fase, sugiere el intercambio de productos con otros asentamientos. Otros géneros como *Urocarpidium*, *Erodium* y *Capparis* crecen como parte de la flora en los alrededores de las Unidades de Excavación. A pesar de la diversidad de taxones encontrados, la identificación de morfotipos no diagnósticos pueden indicar la presencia de otros taxones; además la ausencia de microrestos de ciertas plantas, no implica la ausencia de la misma ya que existen diversos taxones cuyos granos de polen se han desintegrado por condiciones aerobias (oxigenadas) o que no producen fitolitos (Piperno, 2006).

### **AGRADECIMIENTOS**

A Luis Huamán Mesia, coordinador del Laboratorio de Palinología y Paleobotánica, por facilitar el ambiente para el procesamiento de las muestras.

Al Gabriel Prieto, arqueólogo encargado del Proyecto Arqueológico Gramalote; por brindar las muestras e información acerca del sitio.

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Brack, A. 1999. Diccionario enciclopédico de plantas útiles del Perú. Primera edición. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Cuzco. 556pp.
2. Briceño, J & Billman, B. 2008. Gramalote y el Período Inicial en el Valle de Moche, nuevos datos de un viejo sitio de Pescadores. *Revista del Museo de Arqueología, Antropología e Historia – Universidad Nacional de Trujillo*. 10: 175-208 pp.
3. Fernández, A & Rodríguez, E. 2007. *Etnobotánica del Perú Pre-Hispano*. Primera edición. Herbarium Truxillense (HUT)-Universidad Nacional de Trujillo. Perú. 253 pp.
4. Grobman, A; Bonavia, D; Dillehay, T; Piperno, D. Pre-ceramic maize from Paredones and Huaca Prieta, Peru. *PNAS*. Dec. (2011)
5. Horrocks, M. 2005. A combined procedure for recovering phytoliths and starch residues from soils, sedimentary deposits and similar materials. *Journal of Archaeological Science*. 32 (8): 1169-1175

6. Juggins, S. 2007. C2 Version 1.5 User guide. Software for ecological and palaeoecological data analysis and visualisation. Newcastle University, Newcastle upon Tyne, UK. 73pp
7. Lavallee, D & Julien, M. 2012. Prehistoria de la costa extreme-sur del Perú: Los pescadores arcaicos de la Quebrada de los Burros (10 000- 7 000 a.C). Primera edición. Fondo editorial Pontificia Universidad Católica del Perú. Perú. 470 pp.
8. Madella, M; Alexandre, A & Ball, T. 2005. International code for phytolith nomenclature 1.0. *Annals of Botany* 96:253–260.
9. Mostacero, J; Castillo, F; Gamarra, O; Charcape, J & Ramirez, R. 2011. Plantas medicinales del Peru: Taxonomía, Ecogeografía, Fenología y Etnobotánica. Primera edición. Asamblea Nacional de Rectores. Peru. 895 pp.
10. Piperno, D. 2006. Phytoliths: Comprehensive guide for Archaeologists and Paleoecologists. Editorial Altamira. EE.UU. 238 pp.
11. Prieto, G. 2011. Proyecto Arqueológico Pampas Gramalote, Temporada 2010. Informe de Excavaciones. Informe presentado al Ministerio de Cultura del Perú.
12. Prieto, G. 2015. Gramalote: Domestic Life, Economy and Ritual Practices of a Prehispanic Maritime Community. Unpublished Ph.D Dissertation, Department of Anthropology, Yale University, New Haven, CT.
13. Roubik, D & Moreno J. 1991. Pollen and spores of Barro Colorado Island. Primera edición. Missouri Botanical Garden. EE.UU. 268 pp.
14. Saenz, C. 1978. Polen y esporas: Introducción a la palinología y al vocabulario palinológico. Primera Edición. Editorial Grefol S.A. España. 220 pp.
15. Traverse, A. 1988. Paleopalynology. Allen & Unwin Inc. EE.UU. 600 pp.
16. Towle, M. 1961. The ethbotany of precolumbian Peru. Aldine Publishing Company. Chicago.
17. Ugent, D. 2006. La Etnobotánica del Perú: Desde la Prehistoria al Presente. Primera edición. CONCYTEC. Perú. 379 pp.
18. Villanueva, F. 2014. Reconstrucción paleoambiental del Sitio Arqueológico Pampas Gramalote basado en microrestos (La Libertad-Perú). Tesis para optar el Título Universitario de Licenciada en Biología. Facultad de Ciencias Naturales y Matemática. Universidad Nacional Federico Villarreal. Lima - Perú.
19. Yacovleff, E & Herrera, F. 1935. El mundo vegetal de los antiguos peruanos. *Revista del Museo Nacional (Lima)*. 4 (1):52







# FORAMINIFEROS COMO INDICADORES DEL DESPLAZAMIENTO LATITUDINAL DEL FRENTE ECUATORIAL

*Marco Yseki Paucar*

*Universidad Peruana Cayetano Heredia, Facultad de Ciencias y Filosofía,*

*Maestría en Ciencias del Mar*

*marco.yseki@upch.pe*

## RESUMEN

SEl Frente Ecuatorial (FE) está caracterizado por un gradiente muy marcado de temperatura y salinidad debido a la convergencia de Aguas Tropicales Superficiales y Aguas Ecuatoriales Superficiales. Su importancia radica en su influencia en la distribución del plancton, los cuales son importantes en la red trófica. En los últimos años se viene aplicando el uso de foraminíferos para estudiar su desplazamiento latitudinal y así poder entender su variación en el pasado y futuro. Se hace una revisión bibliográfica de proxies empleados en la reconstrucción del desplazamiento latitudinal del FE: Composición de los foraminíferos, tasa entre *G. cultrata* y *N. dutertrei* (Rc/d), y diferencia isotópica ( $\delta^{18}O$ ) de testas de foraminíferos. Los resultados mostraron una gradiente latitudinal en la abundancia de foraminíferos en el Pacífico ecuatorial, encontrándose diferencias significativas del Rc/d al sur y norte del FE. A través del gradiente de  $\delta^{18}O$  de diferentes especies de foraminíferos se puede detectar cambios en el pasado a escala local (i.e. desplazamiento del FE), sin embargo el gradiente de  $\delta^{18}O$  se encuentran influenciado por cambios de hábitat, estacionalidad y disolución de calcita que presentan los foraminíferos, encontrando sólo una relación estadísticamente significativa entre el gradiente de  $\delta^{18}O$  entre las especies *G. tumida*/*G. ruber* y *G. tumida*/*P. Obliquiloculata* con la estratificación de la columna de agua. Los resultados de Rc/d y la diferencia isotópica de foraminíferos se encuentran estrechamente ligados a los patrones de SST y estratificación en la columna de agua. Finalmente estos autores concluyeron que el uso combinado de los valores de SST, Rc/d y la diferencia de  $\delta^{18}O$  entre *G. tumida*/*G. ruber* y *G. tumida*/*P. obliquiloculata* pueden ser herramientas útiles en la reconstrucción de cambios en la posición latitudinal del FE y en la estratificación térmica de la columna superior en el Pacífico oriental.

**Palabras clave:** Frente Ecuatorial, Foraminíferos, Paleoceanografía del Cuaternario tardío

## INTRODUCCIÓN

En el océano, los frentes son zonas de convergencia de diferentes masas de agua que tienen diferentes características en contraste. Son análogos a los frentes atmosféricos entre diferentes masas de aire, y ocurren en una variedad de escalas. El FE (Fig. 1) es definido como la franja de convergencia entre dos masas de agua con propiedades físicas diferentes: aguas frías y de alta salinidad que provienen del sur con aguas más cálidas y menos salinas provenientes del norte (Cromwell & Reid, 1956). Se observa un gradiente de temperatura muy marcado entre los meses de mayo a noviembre, y un gradiente de salinidad marcado entre enero y marzo (Wyrтки, 1966). Trabajos recientes han demostrado la utilidad de los datos satelitales para describir la variación espacio-temporal de los frentes (Kao & Lagerloef, 2015). Los cambios latitudinales del FE pueden ser estudiados en diferentes escalas de tiempo, desde una escala estacional hasta una escala interanual, acorde con los ciclos de radiación solar anual y cambios en las condiciones oceanográficas y atmosféricas en el Pacífico tropical, las cuales se encuentran relacionadas con El Niño-Southern Oscillation (ENSO) (Wyrтки, 1966; Pak & Zaneveld, 1974; Okuda et al., 1983; Fiedler & Talley, 2006). Así mismo los cambios de precipitación interglaciares están asociados a los cambios latitudinales del FE, mostrando un desplazamiento hacia el sur durante los interglaciares (Rincón-Martínez et al, 2010). A continuación se presentarán los resultados de diferentes proxies empleados en diferentes estudios para la reconstrucción del desplazamiento latitudinal del FE en el pasado.

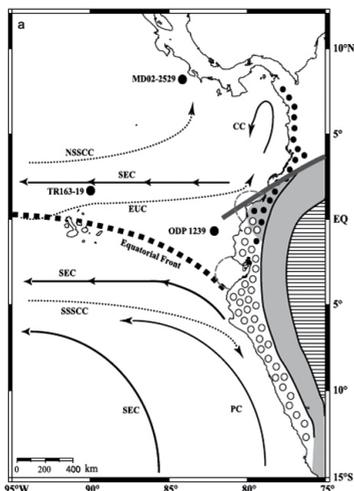


Figura 2. Ubicación del Frente Ecuatorial (Rincón-Martínez et al., 2010)



## MATERIALES Y MÉTODOS

### 1. Composición de foraminíferos

Martínez y Bedoya (2001), realizaron el submuestreo de foraminíferos planctónicos de sedimentos del tope de 25 núcleos de aguas profundas del Océano Pacífico Oriental. Estas muestras fueron tratadas con peróxido de hidrógeno, luego se emplearon tamices de 63 y 150  $\mu\text{m}$  para el tamizado y finalmente fueron secadas a 40° C. La composición de foraminíferos fue hallada mediante su abundancia en las diferentes muestras.

En la investigación de Rincón-Martínez y colaboradores (2011), se empleó un set de muestras del tope de 59 núcleos, localizados al norte y sur del FE en un área entre la costa oeste de sudamérica a 105°W y entre 10°N y 10°S.

Las muestras de sedimentos fueron recolectados de aguas a profundidades entre 192 y 4622 m, principalmente de la cresta de Cocos y Carnegie ya que ahí el contenido de carbonato es alto y el grosor de la capa oxidada es bajo (Lyle, 1992). Después de enfriar y secar, las muestras de 5cc fueron sumergidas en agua y lavadas por un tamiz de 63  $\mu\text{m}$ . La muestra restante fue pasada por tamices de 125, 250, 315, 355 y 400  $\mu\text{m}$ . El análisis faunal se realizó en las submuestras que están entre 355 y 400  $\mu\text{m}$ .

Luego del conteo se determinó que las especies dominantes fueron *G. menardii* cultrata y *N. dutertrei*. La proporción de abundancia entre *Globorotalia menardii* cultrata y *Neogloboquadrina dutertrei* ha sido usado como índice para la influencia del domo Panamá-Costa Rica y la lengua fría del Pacífico y por lo tanto es de importancia para localizar en FE en el Pacífico ecuatorial oriental. (Martínez & Bedoya, 2001; Martínez et al., 2006). La proporción de abundancia es expresada como:

$Rc/d = N^{\circ} \text{ especímenes de } G. \text{ menardii cultrata} / (N^{\circ} \text{ especímenes de } G. \text{ menardii cultrata} + N. \text{ dutertrei})$

### 2. Isótopos de oxígeno en foraminíferos (Rincón-Martínez et al., 2010; Rincón-Martínez et al., 2011)

En la investigación de Rincón-Martínez et al. (2010), se realizó la medida de la composición isotópica de foraminíferos planctónicos (*G. ruber* y *G. tumida*.), utilizando 10 individuos de cada especie de la fracción 355-400  $\mu\text{m}$ . Las medidas de  $\delta 18\text{O}$  fueron realizadas con el dispositivo Finnigan

253 MS y la composición isotópica fue calibrada usando el estándar NBS-19., mientras que en la investigación de Rincón-Martínez et al. (2011), la composición isotópica se midió en las especies del género *Globigerina*, *P. obliquiloculata* y *N. dutertrei*. Los ejemplares seleccionados corresponden a las muestras de la fracción de 315 a 400  $\mu\text{m}$ . y el número de individuos utilizado varió entre 10-20 especímenes. El análisis isotópico se realizó con el Finnigan MAT 251 MS.

## RESULTADOS

### 1. Composición de foraminíferos y Rc/d

Martínez y Bedoya (2001), encuentran un gradiente latitudinal en la abundancia de foraminíferos, siendo *N. dutertrei* la especie dominante al sur del FE; *G. bulloides* y *G. glutinata* son más abundantes hacia el noroeste del frente, mientras que *G. cultrata* es la especie más abundante al norte del FE. Rincón-Martínez y colaboradores (2011) encuentran altas concentraciones de *N. dutertrei* (>70%) se observaron entre 5° S y 0°, mientras que *G. menardii* cultrata solo representa menos del 6% de la muestra analizada. Sin embargo, *G. menardii* cultrata es más abundante (>21%) entre 0° y 5° N mientras que la abundancia de *N. dutertrei* disminuye (>58%). Al realizar una prueba W, existe una diferencia significativa entre la mediana de Rc/d al norte y sur del frente (i.e. al norte y sur de 1° N). Al norte de 1° N esta relación se incrementó constantemente desde 0.224 hasta 0.525 mientras que entre 1° N y 10° S la relación varía entre 0.0 y 0.187 (Rincón-Martínez et al., 2011) (fig. 2).

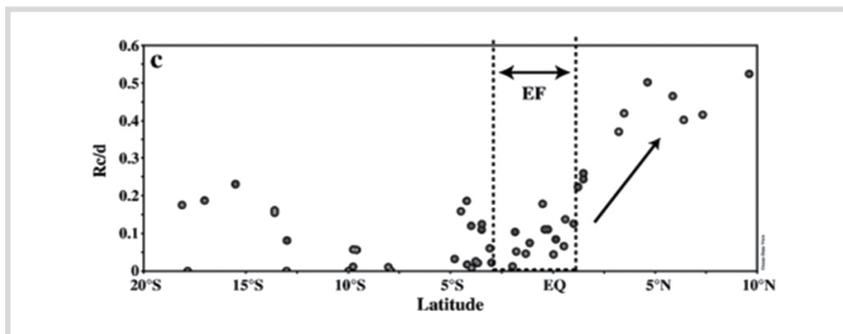


Figura 2. Relación entre Rc/d y la latitud, la línea punteada de la izquierda representa la ubicación del FE entre enero y marzo y la línea de la derecha entre julio y setiembre (Rincón-Martínez et al., 2011)



## 2. Isótopos de oxígeno en foraminíferos

El gradiente de  $\delta^{18}\text{O}$  de foraminíferos planctónicos es indicativo de la estratificación de la columna de agua en el EEP, sin embargo solo existe una relación estadísticamente significativa entre el gradiente de  $\delta^{18}\text{O}$  de las especies *G. tumida*/*G. ruber* y *G. tumida*/*P. obliquiloculata* con la estratificación de la columna de agua (Rincón-Martínez et al., 2010 y 2011) (fig. 3).

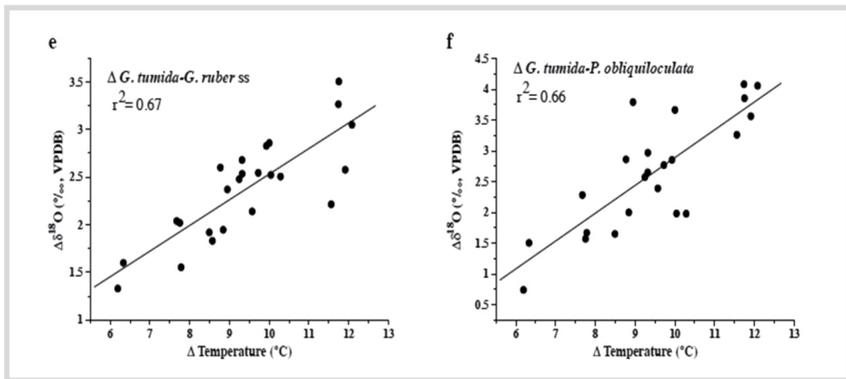


Figura 3. Gradiente de  $\delta^{18}\text{O}$  entre *G. tumida*/*G. ruber* y *G. tumida*/*P. obliquiloculata* vs temperatura (Rincón-Martínez, et al., 2011)

## DISCUSIONES

### 1. Frente ecuatorial y Rc/d

Rincón-Martínez et al (2011), muestran valores de Rc/d mayores de 0.3 al norte del FE ( $>1^\circ\text{N}$ ), mientras que los valores al sur generalmente son menores que 0.3. Esos resultados son similares a las investigaciones de Martínez & Bedoya (2001), sugiriendo la hipótesis de que el FE puede ser estudiado usando el ratio de *G. cultrata* y *N. dutertrei* (fig 2). Sin embargo, la aplicación del Rc/d, estaría sujeta a los cambios en la susceptibilidad a la disolución de carbonato que presentan los foraminíferos (Berger, 1970), siendo el área delimitada por la cresta de Cocos y Carnegie la ideal para su empleo, ya que más al sur o al oeste, la profundidad de las aguas se incrementa en relación con la disolución de carbonatos la cual puede tener un efecto en las agrupaciones faunales (Rincón-Martínez et al., 2011).

Debido a que gran parte de la variación del Rc/d se debe a los cambios de abundancia de *G. cultrata*, es importante determinar cuáles son los factores que afectan esta variación. De acuerdo con Martínez & Bedoya (2001) esta diferencia se debe a un factor de la cadena trófica y es que las presas de *G. cultrata* son generalmente dinoflagelados y diatomeas abundantes en la ensenada de Panamá y el Domo de Costa Rica al norte del FE, mientras que *N. dutertrei* prefiere diatomeas y cocolitofóridos de la lengua fría del Pacífico al sur del FE.

Sin embargo Rincón-Martínez et al., (2011) hipotiza otra causa para esta variación, la abundancia de *G. cultrata* y la posición del FE pueden estar relacionados a una preferencia de aguas cálidas, de baja salinidad y bajos nutrientes más que a la cadena trófica, sin embargo es difícil encontrar una relación biológica o física específica que controle esta variación.

## **2. Isótopos de oxígeno en foraminíferos**

Rincón-Martínez et al. (2011), evidencia que existe un gradiente latitudinal en el FE, de la composición isotópica de foraminíferos planctónicos, el cual puede estar relacionado con la hidrografía del EEP. El autor sugiere la aplicación de los gradientes de  $\delta^{18}\text{O}$  entre las especies de foraminíferos, como una herramienta para la reconstrucción de la posición del FE, a través de los cambios en la estratificación, sin embargo el gradiente de  $\delta^{18}\text{O}$  se encuentran influenciado por cambios en el hábitat, estacionalidad y disolución de calcita que presentan los foraminíferos, encontrando sólo una relación estadísticamente significativa entre el gradiente de  $\delta^{18}\text{O}$  entre *G. tumida*/*G. ruber* y *G. tumida*/*P. obliquiloculata* con la estratificación de la columna de agua (figura 3).

La aplicación de este proxy se realizó durante los últimos 20 mil años, mediante el testigo marino (RC11-238) recolectado en la Cordillera de Carnegie entre la costa de América del Sur e Islas Galápagos (1.52 ° S 85.82 ° W, 2.573 m).

Los resultados muestran que los valores  $\Delta\delta^{18}\text{O}$  *G.tumida*/*G.ruber* se encuentren en el rango de 0.9-2.7%, con valores máximos en los 4800 y 8000 años y valores mínimos en los 11600 y 19000 años. La tendencia general de aumento de los valores  $\Delta\delta^{18}\text{O}$  desde el Último Máximo Glacial (LGM) hacia el Holoceno sugiere una influencia cada vez mayor de Aguas Tropicales Superficiales (TSW) y TSM más frías durante el Último



Máximo Glacial hacia TSM más cálidas durante el Holoceno, sugiriendo un desplazamiento hacia el sur del EF y la Zona de Convergencia Intertropical (ITCZ). Esta tendencia también se observa en las investigaciones de Martínez et al. (2003) y Rincón-Martínez et al. (2010), donde los valores altos de  $\Delta\delta^{18}\text{O}$  *G.tumida*/*G.ruber* indican aguas estratificadas al norte del FE, mientras valores bajos sugieren pérdida de estratificación por surgencias, asociado a una intensificación de la Corriente de Humboldt y migración sur del FE y la ITCZ (fig. 4).

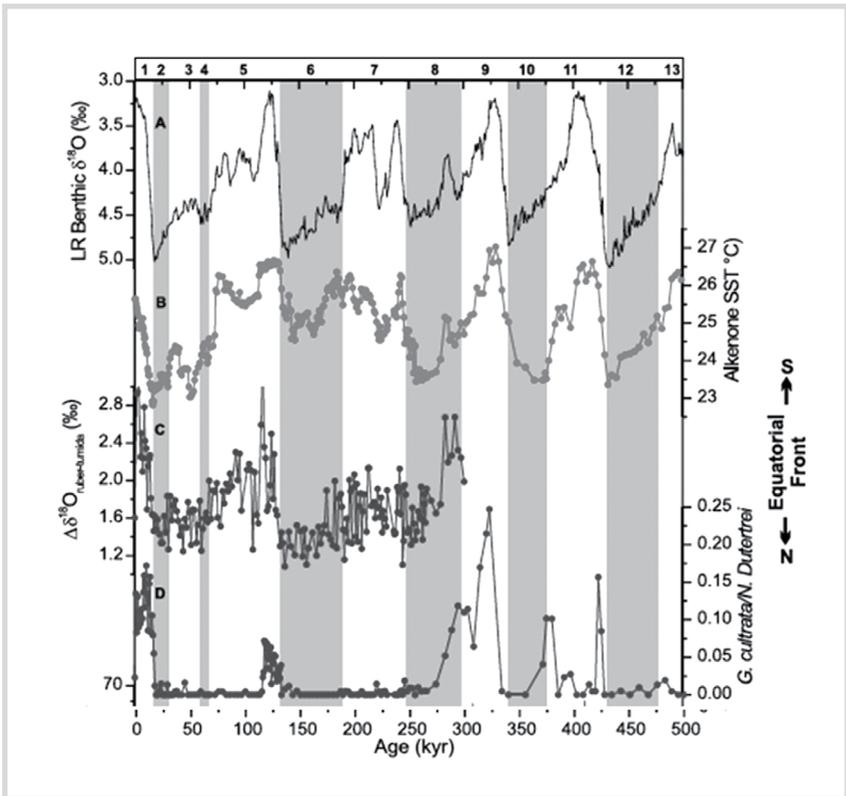


Figura 4. Cambios paleoceanográficos reconstruidos del sitio ODO 1239.  $\Delta\delta^{18}\text{O}$  *G.tumida*/*G.ruber*, valores altos indican fuerte estratificación de aguas. Ratio de abundancia (Rc/d), valores altos indican un desplazamiento al sur del FE. Adaptado de Rincón-Martínez, et al., 2010)

## CONCLUSIONES

La proporción Rc/d es una herramienta útil para reconstruir la posición latitudinal del FE en el Pacífico oriental, mostrando valores mayores a 0.3 al norte del FE y menores a 0.3 al sur, los valores altos de Rc/d al norte del FE refleja un aumento en la abundancia de *G. menardii* cultrata en aguas tropicales superficiales más cálidas y oligotróficas comparadas a las aguas ecuatoriales superficiales al sur del FE.

Existe una relación estadísticamente significativa del gradiente de  $\delta^{18}\text{O}$  entre *G. tumida*/*G. ruber* y *G. tumida*/*P. obliquiloculata* y la estratificación de la columna de agua, valores altos de  $\delta^{18}\text{O}$  entre *G. tumida* / *G. tuber*, indican un desplazamiento al sur del FE, mientras que valores bajos sugieren un desplazamiento al norte del FE. Finalmente el uso combinado de los valores de SST, Rc/d y la diferencia de  $\Delta\delta^{18}\text{O}$  entre *G. tumida*/*G. ruber* y *G. tumida*/*P. obliquiloculata* pueden ser herramientas útiles en la reconstrucción de cambios en la posición latitudinal del FE y en la estratificación térmica de la columna superior en el Pacífico oriental.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Berger, Wolfgang H. "Planktonic foraminifera: selective solution and the lysocline." *Marine Geology* 8.2 (1970): 111-138.

Cromwell, Townsend, and Joseph L. Reid Jr. "A study of oceanic fronts." *Tellus A* 8.1 (1956).

Fiedler, Paul C., and Lynne D. Talley. "Hydrography of the eastern tropical Pacific: A review." *Progress in Oceanography* 69.2 (2006): 143-180.

Kao, Hsun-Ying, and Gary SE Lagerloef. "Salinity fronts in the tropical Pacific Ocean." *Journal of Geophysical Research: Oceans* 120.2 (2015): 1096-1106.

Lyle, Mitchell. "Composition maps of surface sediments of the eastern tropical Pacific Ocean." *Proc. Ocean Drill. Program Initial Rep. Vol. 138*. 1992.

Martinez, Ignacio, and Geovanny Bedoya. "Recent planktonic foraminifera from deep-sea sediments from the eastern equatorial Pacific: proxies of the equatorial front in the late quaternary." *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR* 30.1 (2001): 151-176.



Martínez, Ignacio, et al. "Foraminifera and coccolithophorid assemblage changes in the Panama Basin during the last deglaciation: Response to sea-surface productivity induced by a transient climate change." *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 234.1 (2006): 114-126.

Okuda, et al. "Variación estacional de la posición del Frente Ecuatorial y su efecto sobre la fertilidad de las aguas superficiales ecuatorianas." (1983).

Pak, Hasong, and J. Ronald V. Zaneveld. "Equatorial front in the eastern Pacific Ocean." (1974).

Rincón-Martínez, Daniel, et al. "More humid interglacials in Ecuador during the past 500 kyr linked to latitudinal shifts of the equatorial front and the Intertropical Convergence Zone in the eastern tropical Pacific." *Paleoceanography* 25.2 (2010).

Rincón-Martínez, Daniel, et al. "Tracking the equatorial front in the eastern equatorial Pacific Ocean by the isotopic and faunal composition of planktonic foraminifera." *Marine Micropaleontology* 79.1 (2011): 24-40.

Wyrski, Klaus. *Oceanography of the eastern equatorial Pacific Ocean*. Inter-American Tropical Tuna Commission, 1966.





# VARIABILIDAD DE LAS ASOCIACIONES DE DIATOMEAS EN EL EN EL TESTIGO DE CAJA B0506-14-III, FRENTE A PISCO-PERÚ, PARA LOS ÚLTIMOS 500 AÑOS

*Sócola Salazar, Mónica E.*

*Universidad Peruana Cayetano Heredia, Facultad de Ciencias y Filosofía, Maestría en Ciencias del Mar, LID 317, Av. Honorio Delgado 430, Lima 31  
monica.socola.s@upch.pe*

## RESUMEN

El presente estudio tiene por objetivo fue determinar la variabilidad de la productividad silíceo en el centro de surgencia frente a Pisco, Perú, durante los últimos 500 años, en base al estudio de las asociaciones de diatomeas en los sedimentos laminados del margen continental. La identificación y cuantificación de las valvas de diatomeas depositadas en sedimentos marinos, determinó los cambios en la abundancia y distribución de las especies en el sistema de surgencia. Se trabajó con el testigo de caja B0506-14 III colectado frente a Pisco (14°15.73'S, 76°26.01'W), dentro de la plataforma continental a una profundidad de 300 m, el cual abarca los últimos 500 años. Se compararán las abundancias de valvas de diatomeas con las condiciones climáticas y oceanográficas, inferidas a partir de diferentes proxies geoquímicos tales como Ni, TOC, SiBi, Cd/Ca, Ba/Ca y  $\delta^{15}\text{N}$ , en el sedimento marino.

**Palabras Claves:** Producción silicea, Diatomeas, Plataforma continental, Perú

## ABSTRACT

The present study is looking forward to determine the variability of the upwelling siliceous productivity off Pisco, Peru, for the last 500 years based on the study of the diatom associations in the laminated sediments at the continental margin. The identification and quantification of diatom valves deposited in marine sediments, allowed to determine the changes in the abundance and distribution of species in the upwelling system. A investigation with boxcore B0506-14-III collected offshore Pisco (14°15.73' S, 76°26.01'W) within the continental shelf at a depth of

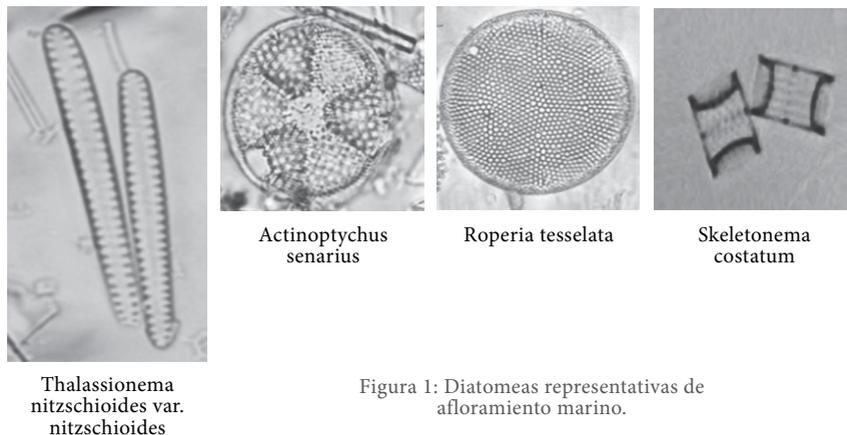
300 meters of water column, covered the past 500 years. The abundance of diatom valves will be compared to the climatic and oceanographic conditions, inferred from different geochemical signatures such as Ni, TOC, SiBi, Cd/Ca ratio, Ba/Ca ratio and  $\delta^{15}\text{N}$  in marine sediments.

Keywords: Silica Productivity, diatomaceous muds, continental shelf, Peru

## INTRODUCCIÓN

Las diatomeas son pequeñas algas unicelulares fotosintéticas, presentan una amplia distribución en ambientes acuáticos, incluidos agua dulce y marina (Fig. 1), son considerados la base principal de la red trófica. Por otro parte, poseen una alta especificidad de hábitat y de condiciones ambientales, ya sea en cuanto a requerimientos para su metabolismo como, luz, temperatura, oxígeno disuelto, pH, nutrientes, así como altas tasas de crecimiento poblacional, por lo que responden rápidamente a los cambios ambientales (Kemp, 2000).

Además, por presentar un esqueleto de sílice (frústulo), le permite preservarse muy bien como fósiles, siendo utilizado en reconstrucciones paleoambientales. Por esta razón, son considerados “proxies” o indicadores biológicos, porque a partir de su análisis cuantitativo, permiten extraer información de las condiciones actuales del sistema acuático (Tenorio, 2011).





Por otra parte, la presente investigación tiene por objetivo determinar la variabilidad de la composición de diátomea y su relación de los parámetros ambientales, durante últimos 500 años aproximadamente en un testigo de caja B0506-14III, colectado a 300 m de profundidad frente a Pisco.

## METODOLOGÍA

Se trabajó con el testigo de caja B0506-14 III colectado frente a Pisco ( $14^{\circ}15.73' S$ ,  $76^{\circ}26.01' W$ ), dentro de la plataforma continental a una profundidad de 300 m, bajo la influencia de una zona de mínima de oxígeno (ZMO). El testigo abarca los últimos 500 años, el cual fue sub-muestreado, a intervalos de 0.5 cm (abarcando de 4–8 años aprox.) (fig.2).

El sedimento fue sometido a un tratamiento oxidativo, tratándose con peróxido de hidrogeno ( $H_2O_2$ ) 30% y ácido clorhídrico (HCl) 10%, de esta manera disolviendo la materia orgánica y carbonatos respectivamente. Este procedimiento oxidativo, es necesario para una mejor observación de las estructuras y ornamentación de las valvas de diátomeas (Schrader & Gersonde, 1978). La obtención de los datos geoquímicos fueron proporcionados por Salvattecí (2012), como Níquel, TOC, Nitrógeno 15, Silica biogénica. Se midieron por el Instituto de Ciencias de la Tierra de Orléans, Universidad de Orleans, y medido en el sistema de Rock-Eval 6.

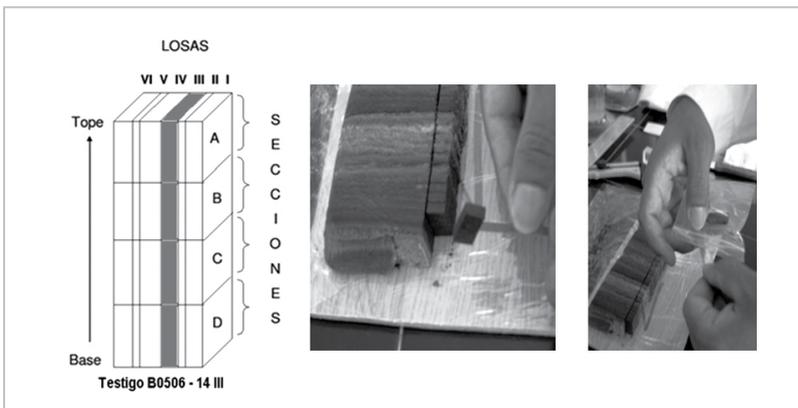


Figura 2: Testigo de caja B0506-14III (derecha) y sub-muestreo del testigo (izquierda)

## RESULTADOS

Se consideraron a las especies de diatomeas de mayor abundancia (> 10%), excluyendo a las esporas de resistencia y células vegetativas de *Chaetoceros*, debido a que se observan homogéneamente a lo largo del testigo y se compara con los proxies geoquímicos. Los análisis geoquímicos (Fig. 3), muestran una variabilidad a lo largo del testigo, en el intervalo de 63 – 85 cm se nota una disminución de los proxies de productividad como SiBi y TOC, al igual que los nutrientes representado por Nitrógeno 15, coincidiendo con la pequeña de hielo antes de 1822 AD. Con lo que respecta a la variabilidad de las asociaciones de diatomeas también, muestran una variabilidad como se muestra en la figura 4; las especies más abundantes fueron *Thalassionema nitzschoides* var. *nitzschoides*, *Thalassionema bacillare*, *Skeletonema costatum*, *Pseudo-nitzschia australis*, *Pseudo-nitzschia pungens*.

## DISCUSIÓN

La diferencia en la composición de las asociaciones de diatomeas, se atribuye a los cambios temporales en la zona de surgencia frente a Pisco, se relacionan con las condiciones oceanográficas presentes en el registro sedimentario. Se sugiere que estos cambios se dan durante los siglos XIX y XX, justo luego de un cambio estratigráfico coincidente con la finalización de la Pequeña Edad de Hielo (PEH) fechado alrededor del año 1820. Estos mismos cambios se observan en los proxies geoquímicos y las asociaciones de diatomeas, encontrando entre los proxies de productividad como SiBi, después de la pequeña edad de hielo una alta productividad, como se presenta las especies de *Skeletonema costatum*, *Thalassionema nitzschoides* y *Pseudo-nitzschia australis*.

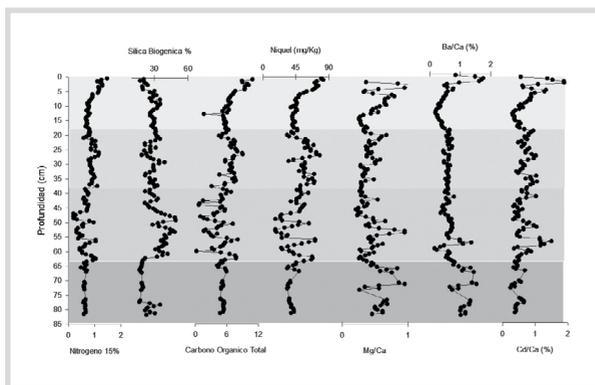


Figura 3: Distribución de los componentes geoquímicos analizados.  $\delta^{15}\text{N}$  del sedimento (‰), Silica biogénica (SiBi %), concentración de Niquel ( $\text{mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$ ), Carbono Orgánico Total (COT %), tasa  $\text{Mg}/\text{Ca}$ , tasa  $\text{Ba}/\text{Ca}$ , y tasa  $\text{Cd}/\text{Ca}$ .

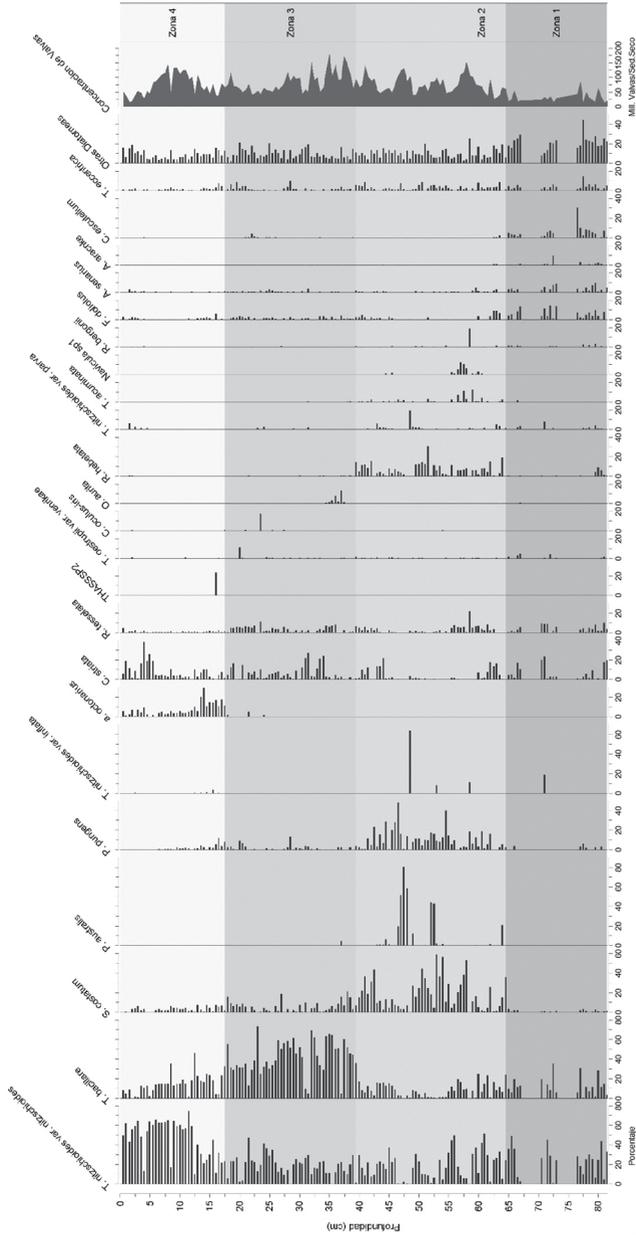


Figura 4: Diagrama de la distribución vertical de diatomeas en el testigo de caja B0506-14III, frente a Pisco, Perú. Sólo se registran las abundancias > 10%.

## **CONCLUSIONES**

La presencia de especies como *T. nitzschioides* var. *nitzschioides*, *S. costatum* indica zonas marcadas por condiciones de surgencia, *T. bacillare* indica la influencia de aguas cálidas y por último *Pseudo-nitzschia australis*, la presencia de esta especie es característica de eventos nocivos, sugiere bajas concentraciones de nutrientes y un sistema de surgencia relajado.

## **REFERENCIAS**

KEMP A., JENNIFER PIKE, RICHARD B. PEARCE, CARINA B. LANGE. 2000. The “Fall dump” a new perspective on the role of a “shade flora” in the annual cycle of diatom production and export flux. *Deep-Sea Research II* 47: 2129 – 2154

SALVATTECI, RENATO. 2012. Multi-decadal to millennial scale variability in OMZ intensity, export production and pelagic fish abundances from marine laminated sediments off Pisco, Peru during the last 25 000 years. Tesis para optar el título de doctor en Ciencias Ambientales. Universidad de Pierre de Marie Curie. Francia. 263 pp.

SCHRADER, H. & GERSONDE, R. 1978. Diatoms and Silicoflagellates. *Utrecht Micropaleontological Bulletins*, 17: 129–176.

TENORIO PEÑA, ALEJANDRA. 2011. Paleocianografía Holocénica de la Cuenca de Farallon (Golfo de California): Integración de Datos Geoquímicos y Biológicos. Tesis para optar el título de Bióloga. Universidad Autónoma de México. 72 pp.







# SÍNTESIS DE LAS ASOCIACIONES DE DIATOMEAS DE LA CUENCA PISCO, CENTRO SUR DEL PERÚ

---

*Flavio A. Solís*

*Universidad Peruana Cayetano Heredia, Facultad de Ciencias y Filosofía, Maestría en Ciencias del Mar*

*flavio.solis.m@upch.edu.pe*

## **RESUMEN**

Las asociaciones de diatomeas en la Cuenca Pisco se encuentran en facies sedimentarias de granulometría fina, comprendiendo diatomitas, lodolitas diatomáceas, y tobas diatomáceas. Al menos 3 diferentes asociaciones de diatomeas se presentan en las secuencias estratigráficas depositadas en estratos del Cenozoico del Perú Central, las cuales corresponden a las Formación Yumaque (antiguamente Paracas superior, del Eoceno tardío), Formación Chilcatay (Oligoceno tardío – Mioceno temprano) y Formación Pisco (Mioceno medio – Plioceno). Estos cambios en las asociaciones de diatomeas responden a cambios oceanográficos y de nivel del mar, registrándose importantes transgresiones marinas en esta Cuenca sedimentaria.

**Palabras Clave:** Diatomeas fósiles, Fm. Pisco, Fm. Chilcatay, Fm. Yumaque, Cenozoico

## **ABSTRACT**

Diatom assemblages from Pisco Basin, Peru, are found in fine sedimentary facies encompassing diatomites, diatomaceous mudstone and diatomaceous tufa. At least 3 different diatom assemblages are presente in the stratigraphic sequences of Cenozoic strata of Central Peru, corresponding to Yumaque Formation (former Upper Paracas Formation, late Eocene), Chilcatay Formation (late Oligocene – early Miocene), and Pisco Formation (Middle Miocene – Pliocene). Changes in these diatom associations respond to oceanographic and sea level changes, registering major marine transgressions in this sedimentary basin.

**Key words:** Fossil diatoms, Pisco Fm., Chilcatay Fm., Yumaque Fm., Cenozoic.

## INTRODUCCIÓN

La Cuenca Pisco es parte del sistema de cuencas de antearco de la margen continental peruana, donde se han diferenciado hasta diez cuencas separadas por altos estructurales, estas cuencas están gobernadas por una relativa estabilidad, las discordancias son sutiles y las capas inferiores indican progradación de las fuentes del continente y mar (Thornburg and Kulm, 1981).

Esta unidad litoestratigráfica corresponde a una importante transgresión marina (DeVries 1985), de más de 300 km desde la localidad de Pisco hasta Yauca (Muizon & Bellon, 1986; Muizon y DeVries, 1985), la cual ayudada por un descenso del nivel del mar debido a la activación de fallas normales, a causa de eventos tectónicos extensivos (Aleman & León, 2002; Bianchi, 2004), es que se ha logrado depositar potentes capas de sedimentos marinos en este caso areniscas finas o lodolitas tobáceas obtenidas de las emanaciones piroclásticas del arco volcánico de la Cordillera Occidental, que duro del Cretáceo a Paleoceno (Muizon & Bellon, 1986), hasta su final reordenamiento en el eoceno medio, para luego producirse una marcada convergencia oblicua que da lugar a formación de fallas de rumbo paralelas a la fosa, y que ocasionan la génesis de las cuencas de antearco en la placa superior.

Se han propuesto varios modelos estratigráficos para la sucesión de deposición de sedimentos (Dávila., 1989; Dunbar et al., 1990; León et al, 2008; Macharé, 1987).

Este artículo sigue DeVries (1998), quien propuso que la sucesión sedimentaria de la cuenca Pisco, de mayor a menor antigüedad, Formación Los Choros, Formación Yumaque, Formación Chilcatay y la Formación Pisco.

El Presente trabajo recopila los estudios sobre registros de diatomeas para la cuenca Pisco, Centro-Sur del Perú, pudiendo ser usado éste como punto de partida para futuros estudios bioestratigráficos de alta resolución.



## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de Estudio



Figura 1. Cuenca Peruana de Antearco.  
Tomado de Travis et al (1976) y Thomburg & Kulm (1982)

Los estudios bioestratigráficos de diatomeas fueron realizados en distintas localidades de la Cuenca Pisco (Fig. 1). Las muestras provienen de afloramiento aislados entre la Península de Paracas y Camaná (Fourtanier & Macharé 1987, 1988; Macharé et al. 1988; Tsuchi et al. 1988, 1990; DeVries & Schrader 1997, DeVries 1998).

Los datos radiométricos y las edades biocronoestratigráficos de muestras que no son diatomeas para la Cuenca Pisco han sido publicados por Newell (1956), Rivera (1957), Muizon & Bellon (1980, 1986), Muizon & DeVries (1985), Marty (1989), Ronning (1990), Dumbar et al. (1990), Tsuchi et al. (1988, 1990, 1992).

Adicionalmente, algunas mediciones de  $^{40}\text{Ar} - ^{39}\text{Ar}$  fueron proporcionadas por Larry Snee (United States Geological Survey, Denver, Colorado, USA)

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

### Estratigrafía

Los sedimentos del Cenozoico de la Cuenca Pisco se depositaron durante al menos 3 ciclos transgresivos.

Cada secuencia está conservada como una progresión similar vertical de fascias incluyendo gruesos conglomerados bioclásticos cerca a la línea de la costa y areniscas que gradualmente cambian a limolita arenosa y lodolitas, y cubierto por depósitos biogénicos incluyendo diatomitas, lodolitas diatomáceas, horizontes dolomíticos y depósitos de fosfatos (Dunbar et al., 1990).

### **Formación Yumaque**

El contacto con la Formación Los Choros no está bien definida, pero parece ser gradacional. En la sección Yumaque se examinó la transición de depositación de grueso a fino de grano ocurrido durante el Eoceno medio a tardío, Zona del radiolario *Calocyclus azyx* zona radiolarian.

Las unidades más diatomáceas fueron depositados durante la Zona C. *bandyca* del Eoceno tardío y están mejor expuestas en Fundo Desbarrancado (Marty et al., 1988). La sección Fundo Desbarrancado consta de unos 40 m de diatomita laminada y maciza con horizontes de sílex nodulares. El alcance regional de la formación Yumaque es actualmente desconocido, sin embargo, del Eoceno superior sedimentos biogénicos de grano fino afloran en grandes áreas de las zonas costeras del norte y centro de la cuenca. Fourtanier y Macharé (1988) reportan asociaciones de diatomeas del Eoceno tardío / Oligoceno temprano para afloramientos de la Paracas Formación erca de Salinas de Otuma y Punta Lomitas. La sección en Playa El Erizal consta de casi 200 m de porcelanita calcáreos y lutita porcelánica con localmente abundantes nódulos de fosfato y restos de pescado. El contenido de carbono orgánico de muestras de afloramiento de las lutitas laminadas porcelánico superiores en promedio alrededor de 1,5% es mucho mayor que en los sedimentos no laminadas en la base de la sección (0.2%). La potencia estratigráfica de la Fm. Yumaque es mayor a 150 m (Dunbar et al. 1990).

La asociación de diatomeas más comunes está compuesta por *Distephanosira architecturalis*, *Skeletonema barbadense*, *Coscinodiscus oligocenicus*, *Hemiaulus polycistinorum*, *Pseudotriceratum radiosoreticulatum*, y *Rylandsia inaequiradiata* (Fourtanier & Macharé, 1988).

### **Formación Chilcatay**

Inicialmente descrita como Fm. Caballas (Macharé et al., 1988), la Fm. Chilcatay consiste de limolitas y areniscas endurecidas con intervalos de loditas diatomáceas intercaladas (Dunbar et al., 1990). La mejor exposición de esta unidad litoestratigráfica se encuentra en las Pampas



Chilcatay, aproximadamente 100 Km al NW de Puerto Caballas. El control de edad basada en diatomeas, por lo que DeVries (1988) define 3 ciclos transgresivos dentro de esta formación. La primera representa a la Zona de Rocella gelida (24 Ma), luego la Zona de Craspedodiscus elegans (20 Ma), y finalmente la Zona de Triceratium pileus (18.7 Ma).

Las diatomeas más comunes en esta formación corresponde a las especies *Bogorovia veniamini*, *Triceratus pileus*, *Thalassiosira spinosa*, *Thalassiosira fraga* y tienen afinidad al Pacífico tropical y ecuatorial (Fourtanier & Macharé, 1988). La potencia de esta formación es alrededor de 250 m.

### **Formación Pisco**

La formación Chilcatay está discordantemente cubierta por Formación Pisco del Mioceno medio - Plioceno. Esta formación ha sido estudiada por muchos investigadores incluyendo a Adams (1908), Petersen (1954), Ruegg (1956), Mertz (1966) y Balarezo et al. (1980). La Formación Pisco se compone de una amplia variedad de litologías incluyendo conglomerados bioclásticos y areniscas cerca del basamento, limolitas tobáceas, areniscas y horizontes de cenizas volcánicas, limolitas diatomáceas, diatomitas, fosforitas, dolomitas y pocas calizas (Dunbar et al., 1990). La unidad más gruesa de la Fm.

Pisco es un miembro tobáceo que típicamente se encuentra cerca de la base de las secciones a lo largo de los valles de Río Grande y Río Ica en la parte central y sur de la cuenca.

Aunque las capas de grava y piedra arenisca se intercalan a lo largo de la sección, la litología dominante es una limolita arenosa tobácea. Estos sedimentos muestran abundantes pruebas de retrabajo por corrientes y ondas, incluyendo estratificación cruzada de gran y fina escala. Grandes estructuras de deformación-sedimentos blandos dan fe de derrumbes y deshidrataciones rápidas en algunos intervalos (Dunbar et al., 1990).

La sección media de la Formación Pisco contiene capas cementadas de dolomitas regularmente espaciadas o nódulos horizontales. Sedimentos fosfáticos en la Formación Pisco ocurren en una amplia variedad de formas que incluyen pellets, ooides, nódulos esféricos endurecidos (1 a 5 cm), conglomerados de nódulos, revestidos en conchas y superficies duras (Allen et al., 1987). En la parte central y sur de la Cuenca Pisco, la mayoría de las secciones se vuelven más diatomáceas cerca al tope de la Formación Pisco; el contenido de ópalo normalmente en el rango de 25 a 50 % en peso.

La sección más gruesa de sedimentos de diatomeas se produce en el límite norte de la parte terrestre de la cuenca a lo largo del Río Pisco. Aquí, aproximadamente unos 500 m de diatomita y lodolita diatomáceas, promediando > 30% de ópalo en peso, se ha acumulado entre la Mioceno medio tardío y el Plioceno temprano. El inicio de la sedimentación biosilíceas significativa es tiempo transgresivo en la Cuenca de Pisco, comenzando alrededor de los 11-12 Ma en el norte, de 6-7 Ma en la cuenca central, y 4-5,5 Ma en el sur (Dunbar et al., 1990).

Las diatomeas de la Fm. Pisco son muy numerosas y han sido las más estudiadas hasta el momento (Mertz, 1966). Estas asociaciones comprenden especies que están en la Zona *Costodiscus péplum* o de la Zona *Coscinodiscus lewisianus* (aprox. 15-14 Ma, Mioceno Medio), la Zona *Coscinodiscus gigas* var. *diorama* y la Zona *Craspedodiscus coscinodiscus* (aprox. 14-12 Ma, Mioceno medio tardío); la Zona de *Coscinodiscus yabei* (aprox. 11-9 Ma, del Mioceno tardío), y una asociación con especies de la Zona *Fragilariopsis reinholdii* (aprox. 2 Ma, Plioceno tardío) (Fournanier & Macharé 1988, Dunbar et al. 1990, DeVries & Schrader 1997).

Una edad de  $40\text{Ar}/39\text{Ar}$  indica una fecha de 9.22 Ma para sedimentos en Yesera de Amara, Cerro La Bruja (DeVries & Schrader, 1997).

## **CONCLUSIONES**

La revisión de la literatura indica que las diatomeas son buenos indicadores bioestratigráficos, paleoclimáticos y paleoceanográficos en el Cenozoico. Las asociaciones de diatomeas que se encuentran en la Cuenca Pisco corresponden a unidades bioestratigráficas que abarcan zonas en el Eoceno tardío, Oligoceno tardío a Mioceno temprano, y del Mioceno medio al Plioceno tardío.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BARRON, J. A. (1985). Miocene to Holocene planktic diatoms. In H. M. Bolli, J. B. Saunders, & K. P. Perch-Nielsen (Eds.), *Plankton stratigraphy*. Cambridge: Cambridge Univ. Press. 763-809.

DEVRIES, T. J. (1998). Oligocene deposition and Cenozoic sequence boundaries in the Pisco Basin (Peru). *Journal of South American Earth Sciences*, Vol. 11, 217-231.

DUNBAR, R. B., & BAKER, P. A. (1988). *Cenozoic geology of the Pisco Basin : A guidebook to accompany a Regional IGCP 156 Field Workshop "Genesis of Cenozoic Phosphorites and Associated Organic-rich Sediments, Peruvian Continental Margin"*



MACHARÉ , J. & FOUNTANIER, E. (1987) Datation des formations tertiaires du bassin de Pisco (Pérou) à partir d'associations de diatomées. C. R. Acad. Sci. (Paris) Series II 305, 407-412.

MACHARÉ, J., & FOUNTANIER, E. (1988). Late Eocene to Pliocene Marine Diatoms from Peru. 9th Diatom Symposium. 151 – 163.

MARTINEZ-PARDO, R. (1990) Major Neogene events of the southeastern Pacific: the Chilean and Peruvian record. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 77, 263-278.

MARTY, R. C. (1989) Stratigraphy and chemical sedimentology of Cenozoic biogenic sediments from the Pisco and Sechura basins, Peru. Unpublished Ph.D. dissertation. Rice University, Houston, Texas. 268 p.

MERTZ, D. (1966). Mikropaläontologische und Sedimentologische Untersuchung der Pisco-Formation Südperus. *Paläontographica Abt. B*, 118(1-3): 1-51, Taf. 1-6.

MUIZON DE, C. & BELLON, H. (1980) L'âge mio-pliocène de la formation Pisco, Pérou. C. R. Acad. Sci. (Paris) Series D 290, 1063-1066.

NEWELL, N.D. (1956). Reconocimiento geológico de la región Pisco-Nazca. *Bol. Soc. Geol. Perú* 30, 261-295.

THORNBURG, T.M. & KULM, L.D. (1981). Sedimentary basins of the Peru continental margin: structure, stratigraphy, and Cenozoic tectonics from 6°S to 16° latitude. En: Kulm, L.D., et al., eds. *Nazca plate: crustal formation and Andean convergence*. Boulder, CO: Geological Society of America, *Memoir* 154, p. 393-422.

TSUCHI, R., KOIZUMI, I., IBARAKI, M., ALDANA-A, M. & VILLAVICENCIO, E. (1992). Fundamental data on Cenozoic biostratigraphy of the Pacific coast of Peru. Supplement 2. Report on Andean Studies Shizuoka University, Special Volume 4, 33-40.

TSUCHI, R., SHUTO, T., FUJOYOSHI, A., KOIZUMI, I., IBARAKI, M., RANGEL, C. & ALDANA, A. (1988). Fundamental data on Cenozoic biostratigraphy of the Pacific coast of Peru. Report on Andean Studies Shizuoka University, Special Volume 2, 45-70.

TSUCHI, R., SHUTO, T., TAKAYAMA, T., KOIZUMI, I., FUJOYOSHI, A., IBARAKI, M., ALDANA, A. & VILLAVICENCIO, E. (1990). Fundamental data on Cenozoic biostratigraphy of the Pacific coast of Peru. Supplement. Report on Andean Studies Shizuoka University, Special Volume 3, 47-57.





# METODOLOGÍAS USADAS PARA LA EXTRACCIÓN DE RESTOS DE PECES EN SEDIMENTOS DEL CUATERNARIO MARINOS EN EL PERÚ

---

*José Solís Benites*

*Universidad Peruana Cayetano Heredia, Facultad de Ciencias y Filosofía*

*jose.solis.b@upch.pe*

## **ABSTRACT**

This work is a paper review on both fish scale and fish debris (bones and spines) methodology for paleocological assessments off Peru coast. Currently, they have been used to reconstruct fish population of important species like anchovy, sardine, hake, horse mackerel, mackerel and other Peruvian fishes. We discuss the forcing mechanisms to generate fish scales abundance variability at different time scales, and the advantages, disadvantages and challenges for future use of this proxy as indicator of secondary productive paleoecological reconstruction.

**Key words:** Fish scales, Secondary productivity, Methodology, Micropaleontology.

## **RESUMEN**

Esta contribución es una revisión de los trabajos realizados hasta el presente con respecto a la extracción de escamas y restos óseos (vertebras y espinas) frente a las costas del Perú. Actualmente son usados para la reconstrucción de las abundancias de las especies más representativas en este caso anchoveta, sardina, merluza, jurel, caballa entre otros todo ello frente a las costas del Perú. Se discutirán los factores que generen variabilidades en las abundancias en varias escalas de tiempo además que ventajas, desventajas y desafíos a futuro del uso de este “proxy” como indicador de productividad secundaria para la reconstrucción paleoecológica.

**Palabras claves:** escamas de peces, productividad secundaria, metodología, micropaleontología

## INTRODUCCIÓN

Para la realización de estudios del clima en el pasado en ecosistemas marinos se pueden hacer uso de 2 tipos de fuentes de información: registro histórico y archivos naturales, siendo los testigos con sedimentos marinos conteniendo remanes de actividad biótica una fuente confiable (Emesis et al., 2008).

El primer trabajo sobre escamas y restos óseos fue de Soutar (1967), seguido por Soutar e Isaacs (1969) y luego refinado por Baumgarther (1992), los cuales se realizaron en la cuenca de Santa Bárbara, California, USA; cuantificándose los cambios de las abundancias de escamas de sardina y anchoveta durante diferentes décadas. Este último estudio reveló una gran variabilidad en el flujo de escamas influenciadas por fluctuaciones naturales, independiente del efecto de la pesca, en poblaciones de *Sardinops sagax*, *Engraulis mordax* y *Merluccius productus* frente a California, a lo largo de los 2 mil últimos años. (Field et al, 2009).

La escamas de peces están compuestas de hidroxi-apatita  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ , embebido en una capa orgánica de fibras de colágeno y durante su crecimiento del pez va acumulado capas de colágeno e hidroxiapatita (Field et al., 2009). Los sedimentos extraído del testigo BC0413, frente al Callao, contiene un 54% del fósforo que corresponde a escamas de peces, mientras que un 20% a fósforo orgánico contenido en arcilla, lo que refleja la importancia del aporte químico de las escamas de peces al sedimento marino (Diaz-Ochoa et al., 2008).

Cuando el afloramiento costero se intensifica debido a la intensificación de los vientos alisios del suroeste aumentando la productividad primaria, parte de este material orgánico subduce hacia el fondo marino y el resto se descompone en la columna de agua consumiendo gran parte del oxígeno del fitoplancton.

En aguas profundas, la descomposición de la Materia Orgánica y la deficiente circulación permite el desarrollo de Zonas Mínimas de Oxígeno (ZMO) definidas por el contenido de concentraciones de oxígeno menores de 0.5 ml.l-1, las que se encuentran en el Océano Pacífico oriental, frente al Atlántico sureste, África occidental y en el Océano Índico norte (Helly & Levin, 2004).



El potencial de la preservación geoquímica de restos biológicos en los sedimentos en la ZMO puede mejorar la inhibición de la bioturbación. Adicionalmente, los sedimentos suprayacentes de la ZMO a lo largo del margen continental frente a Perú esta usualmente laminado y posee gran contenido de carbono orgánico (Suess, 1981; DeVries & Percy, 1982).

Por otro lado, los cambios en la oxigenación puede afectar la preservación de las escamas de peces (Salvatteci, 2008); la presencia de escamas de peces con alteraciones del color y cobertura puede ser el inicio de la alteración y pérdida de gran número de escamas en el sedimento, por eso DeVries et al. (1979) consideraron que los indicadores más confiables son los huesos como predictor local de la abundancia porque resiste la alteración o disolución. La importancia de tener una buena metodología en el estudio de escamas y restos óseos permite una aproximación a las poblaciones de peces y, estos a su vez, pueden ser usados como fuente de validación para los modelos numéricos de reconstrucción de mecanismos de forzantes climáticos y su efecto en el ambiente físico (Emesis et al., 2008). La variabilidad de factores ambientales a largo de los periodos de tiempo modula las abundancias y distribuciones de las especies dominantes de los sistemas marinos como anchoveta y la sardina (Chávez, 2003).

## METODOLOGÍA

Se hizo un resumen de las metodologías usadas frente a las costas de Perú durante el Cuaternario. Los trabajos analizados para esta revisión y posterior discusión se encuentran en la Tabla 1.

Trabajo	Tipo de trabajo	Escala tiempo	Lugar
DeVries & Percy, 1982	experimental	mileneal y centenal	Perú ,Ecuador y Chile
Diaz, 2008	experimental	decadal	callao
Salvatteci, 2008	experimental	centenal	Pisco
Finney, 2009	revisión	decadal, centenal y mileneal	varios
Field et al., 2009	revisión	decadal, centenal y mileneal	varios
Salvatteci et al., 2012	experimental	centenal	Pisco
Campuzano, 2014	experimental	mileneal y centenal	Chimbote

Tabla 1. Trabajos revisados sobre metodología de escamas y restos óseos de peces en el Perú.

## RESULTADOS

En el trabajo de DeVries (1982) se utilizó un método simple de extracción paleontológica. Se submuestreó el testigo a intervalos de 1 a 3 cm de profundidad y se efectuó una serie de lavados sucesivos en agua corriente, tamizándolos con mallas de abertura de 500, 1000, 3000  $\mu\text{m}$ . Los remanentes de peces se guardaron en agua dulce por algunos días para la eliminación de la sal dentro de las muestras, y luego fueron secadas. Este trabajo muestra la presencia abundante (90 %) de anchoveta (*Engraulis ringens*) y se observa una variación con respecto a la merluza que se asocia a periodos de climas más cálidos y entrada de aguas oceánicas frente al Perú, por lo cual este autor piensa sus resultados son similar es a los trabajos hechos por Soutar & Isaacs (1969, 1974).

En la tesis de maestría realizada por R. Salvatecci (2008), se utilizó dos tamices de 155 y 350  $\mu\text{m}$ , pirofosfato de sodio y peróxido de hidrógeno para eliminar la materia orgánica y aislar los restos óseos y escamas para un fácil reconocimiento en el estereoscopio. Además, se encontró que la degradación y/o alteración física de la escamas depende de las condiciones redox en el pasado.

En el trabajo de Díaz et al. (2008), frente al Callao, se utiliza una metodología de submuestreo de 1 cm, además se hace un análisis sobre el efecto que los cambios en la oxigenación puede generar cambios en la preservación de las escamas y huesos en el sedimento.

Por lo tanto, los cambios en la oxigenación puede afectar tanto la preservación de las escamas de peces (Salvatecci et al., 2008); como las alteraciones del color y cobertura DeVries (1979), pudiendo dar inicio a la alteración y pérdida de gran número de escamas en el sedimento. Por lo tanto, considero que el indicador más confiable está en el grupo de los remanentes de huesos para la abundancia local ya que resiste la alteración o disolución, como ya había propuesto DeVries (1979) y DeVries et al. (1982).

En el trabajo realizado sobre las variabilidades que pueden afectar a las escamas en los sedimentos marinos hechos por Field y colaboradores (2009) se fundamenta los problemas metodológicos de la elección de una buena zona de muestreo en la cual se busca sedimentos “varvados” que se caracteriza por tener una fuerte laminación debido a la marcada variación estacional, y así poder realizar una correcta cronoestratigrafía y



una aproximación correcta del flujo de escamas en un periodo de tiempo. Uno de los problemas que puede alterar el cambios en la productividad es cambios en la tasa de sedimentación; bioturbación que son procesos de mezcla realizados por organismo en el fondo marino debido a que hay una oxigenación que facilita la colonización de algunos organismos; los procesos físicos de derrumbe (=slumps), los cuales acarrear sedimentos de niveles superiores por efectos tectónicos como sismos de alta magnitud.

Además, estos autores mencionan con mayor detalle el problema de la degradación de las escamas que fue propuesto por (Suess, 1981) en la cual las bacterias pueden degradar a las escamas debido a condiciones oxigenadas; por lo cual, la preservación de escamas en ambientes anóxicos representa mejor las abundancias de poblaciones de peces.

El trabajo de Salvattecí et al. (2012) reporta el uso de un patrón que sigue la estratigrafía del testigo y un submuestreo horizontal por lo que el material estudiado tiene mayor consistencia de provenir de un intervalo continuo y hay una menor posibilidad de mezcla con otros niveles diferentes en el submuestreo.

Asimismo, las muestras extraídas de zonas más someras están expuestas a mayores eventos de oxigenación mostraron una mayor alteración que las muestras extraídas de la zona más profunda. Por lo cual, se concluye que la disminución de la abundancia de las escamas en zonas someras se debe a una mayor concentración de oxígeno produciendo una mayor alteración.

Además, se observó el efecto de degradación debido a un hongo que cambia la coloración y aumenta la opacidad de las escamas dificultando su clasificación. Asimismo, se hipotetiza que en la actualidad la pesca está disminuyendo las poblaciones de peces y, por lo tanto, la cantidad de escamas y huesos en los sedimentos. Es por ello que los estudios de escamas y vertebras de peces post-1960 tendrían una subestimación.

Finalmente, estos autores proponen el uso de escamas de anchoveta como un indicador de degradación por su abundancia y su resistencia a la degradación.

Los procedimientos usados por Campuzano (2014) y Salvattecí (2008) para aislar escamas y restos óseos en sedimentos marinos se encuentran en la Figura 1.

## **DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

Desde el trabajo realizado en el fiordo de Effingham, Columbia Británica, Canadá, se tiene mucho cuidado con la resolución del submuestreo realizado sobre un testigo para resolver una escala de tiempo decadal, usando intervalos menores de 2 cm para el estudio de abundancias de peces (Wright et al., 2005).

En los trabajos más antiguos la metodología propone trabajar con tamices para la extracción de escamas de peces y diatomeas, sin usar alcohol para evitar la alteración de la materia orgánica. Sin embargo, las tendencias actuales indican el uso de soluciones químicas para mejorar el lavado y aislamiento de escamas y restos óseos de peces.

Según Finney et al. (2009), para realizar trabajos a escala temporal más fina (e.g. decadal) se necesita de ambientes anóxicos conteniendo sedimentos con laminaciones finas, con lo cual se asegura una preservación adecuada de escamas. Esto nos daría una mayor precisión en la evaluación de las poblaciones de peces.

El trabajo de Campuzano (2014) añade las limitaciones al uso de un solo testigo, ya que éste sólo representaría eventos locales. Al aumentar la cantidad de testigos en transeptos perpendiculares a la costa y en zonas protegidas de la influencias del cambios de la corrientes marinas, mejoría la resolución de estos análisis.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Baumgartner, T.R., Soutar, A., Ferreira-Bartrina, V., (1992). Reconstruction of the history of Pacific sardine and Northern Anchovy populations over the past two millenia from sediments of the Santa Barbara Basin, California. *CalCOFI Rep.* 33, 24–40.

Campuzano Baltazar, Félix, A. (2013). Variabilidad milenial de las poblaciones de peces inferida a partir de escamas y restos óseos en sedimentos laminados frente a chimbote, desde la última deglaciación al inicio del holoceno. Tesis Maestría en Ciencias del Mar, Universidad Peruana Cayetano Heredia, 230 pp.

Chavez F. P., Ryan, J., Lluch-Cota, S. E., and Niquen, M. 2003. From anchovies to sardines and back: multidecadal change in the Pacific Ocean. *Science*; 299: 217–221.



DeVries, T. (1979). Nekton remains, diatoms and Holocene upwelling off Peru. Master Science Thesis, Oregon State University, USA, 85 pp.

DeVries, T. J., & Percy, W. G. (1982). Fish debris in sediments of the upwelling zone off central Peru: a late Quaternary record. *Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers*, 29(1), 87-109.

Díaz-Ochoa, J. A., Lange, C. B., Pantoja, S., De Lange, G. J., Gutiérrez, D., Muñoz, P., & Salamanca, M. (2009). Fish scales in sediments from off Callao, central Peru. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 56(16): 1124-1135.

Emeis, K. C., Finney, B. P., Ganeshram, R., Gutiérrez, D., Poulsen, B., & Struck, U. (2010). RETRACTED: Impacts of past climate variability on marine ecosystems: Lessons from sediment records. *Journal of Marine Systems*, 79(3-4), 333-342.

Field, D. B., Baumgartner, T. R., Ferreira, V., Gutiérrez, D., Lozano-Montes, H., Salvattecí, R., & Soutar, A. (2009). Variability from scales in marine sediments and other historical records. *Climate change and small pelagic fish*. Cambridge University Press, Cambridge, 45-63.

Finney, B. P., Alheit, J., Emeis, K. C., Field, D. B., Gutiérrez, D., & Struck, U. (2010). Paleoecological studies on variability in marine fish populations: A long-term perspective on the impacts of climatic change on marine ecosystems. *Journal of Marine Systems*, 79(3), 316-326.

Gutiérrez, D., Sifeddine, A., Field, D., Ortlieb, L., Vargas, G., Chávez, F. P., & Baumgartner, T. (2009). Rapid reorganization in ocean biogeochemistry off Peru towards the end of the Little Ice Age. *Biogeosciences*, 6, 835-848.

Helly, J. J., & Levin, L. A. (2004). Global distribution of naturally occurring marine hypoxia on continental margins. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 51(9), 1159-1168.

Salvattecí, R. (2008). Preservation and abundance of fish debris on the Oxygen Minimum Zone of Pisco, Peru in the last 400 years. MSc Thesis, Centro de Investigación y de Educación Superior de Ensenada, México, 89 pp.

Salvatteci, R., Field, D. B., Baumgartner, T., Ferreira, V., & Gutierrez, D. (2012). Evaluating fish scale preservation in sediment records from the oxygen minimum zone off Peru. *Paleobiology*, 38(1), 52-78.

Salvatteci, R., Gutiérrez, D., Field, D., Sifeddine, A., Ortlieb, L., Bouloubassi, I., ... & Cetin, F. (2013). The response of the Peruvian Upwelling Ecosystem to centennial-scale global change during the last two millennia. *Climate of the Past Discussions*, 9, 5479-5519.

Sifeddine, A., Gutierrez, D., Ortlieb, L., Boucher, H., Velazco, F., Field, D., & Baumgartner, T. (2008). Laminated sediments from the central Peruvian continental slope: A 500 year record of upwelling system productivity, terrestrial runoff and redox conditions. *Progress in Oceanography*, 79(2), 190-197.

Soutar, A., Isaacs, J., 1969. History of fish populations inferred from fish scales in anaerobic sediments off California. *Rep. Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest.* 13, 63-70.

Soutar, A., Isaacs, J., 1974. Abundance of pelagic fish during the 19th and 20th centuries as recorded in anaerobic sediment off the Californias. *Fishery Bulletin* 72, 257-273.

Suess, E., 1981. Phosphate regeneration from sediments of the Peru continental margin by dissolution of fish debris. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 45, 577-588.

Wright, C. A., Dallimore, A., Thomson, R. E., Patterson, R. T., & Ware, D. M. (2005). Late Holocene paleofish populations in Effingham Inlet, British Columbia, Canada. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 224(4), 367-384.

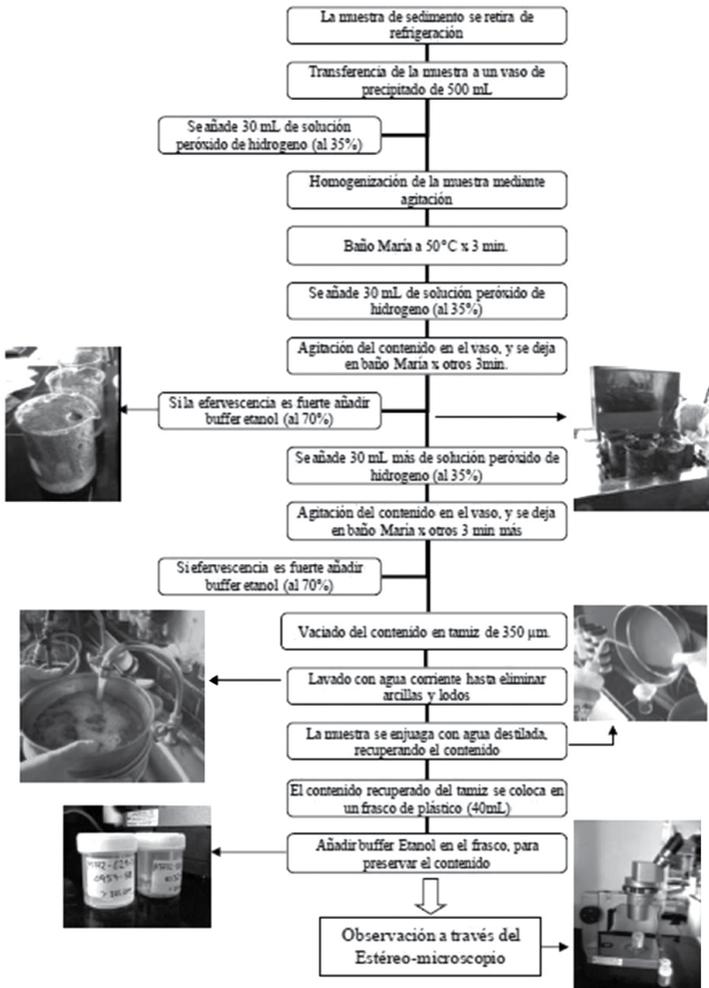


Figura 1. Representación de la secuencia del tratamiento de las muestras de sedimentos. Las muestras fueron tratadas en baño María con solución de peróxido de hidrógeno (al 35 %). Luego el material fue tamizado en húmedo, recuperando el material retenido en un frasco plástico con etanol (al 70%) para preservar las escamas, vértebras, y otros restos óseos de peces gráfico extraído de Campuzano ( 2014). Este procedimiento también fue usado por Salvatelli (2008).





# LOS MOLUSCOS SUBFÓSILES COMO HERRAMIENTA PARA LA RECONSTRUCCIÓN DE PALEOAMBIENTES EN ARQUEOLOGIA

*Katherine Mabel Roa Pérez*

*Universidad Peruana Cayetano Heredia, Facultad de Ciencias y Filosofía, Maestría en Ciencias del Mar*

*katherine.roa.p@upch.pe*

## 1. RESUMEN

La presente contribución presenta una breve síntesis de los estudios paleoambientales realizados en base a moluscos de registros de aproximación (proxies), para el Sistema de corriente de Humboldt. Esta breve síntesis pretende orientar la lectura de artículos más específicos, incluyendo las definiciones más simples y los alcances y/o limitaciones que cada una de las fuentes de información puede ofrecer a la Arqueología. El artículo se centra en el análisis de los moluscos como herramienta para la reconstrucción paleoambiental y su importancia. Se presenta los resultados obtenidos del análisis de los moluscos en depósitos costeros recuperados en los sitios arqueológicos del Santa y de la zona sur del Perú así como para Antofagasta en Chile y otras zona del Sistema de corriente de Humboldt.

El presente análisis permitió detectar que coexisten poblaciones de moluscos característicos de aguas tropicales con moluscos de las aguas templadas típicas del área. Entre los hallazgos más importantes del uso de moluscos para la reconstrucción paleoambiental, se cuenta el cálculo de la paleotemperatura para *Mesodesma donacium* que permite reconstrucciones de SST con una precisión 8°C en el sur Perú (Carré et al., 2013), la reconstrucción cuantitativa basada en *Mesodesma* de El Niño Oscilación Sur (ENOS), los patrones de movilidad de poblaciones humanas dentro de las modalidades de ocupación en el Holoceno medio, y la estacionalidad de ocupación. Se concluye que los estudios malacológicos muestran ser buenos indicadores de las condiciones paleoambientales y que los diferentes cambios climáticos ocurridos a lo largo de la historia están consignados en los paleoregistros subfosiles de moluscos.

**Palabras clave:** Paleoambientes, moluscos, Sistema de corriente de Humboldt.

## Summary

This present contribution is a brief synthesis of paleoenvironmental studies based on molluscs approximation records (proxy) for the Humboldt Current System. This brief summary attempts to guide the reading of more specific items, including simple definitions and scope and/or limitations of each source of information that Archaeology can provide. The article focuses on the analysis of mollusks as a tool for paleoenvironmental reconstruction and its importance. The results obtained from the analysis of shellfish in coastal deposits recovered from archaeological sites of Santa Ana, the south from Peru and Antofagasta in Chile and other of the Humboldt Current System areas are presented. This analysis identified coexisting populations of characteristic tropical shellfish waters with mollusks from typical warm waters of the area. Among the most important findings from the use of shellfish for paleoenvironmental reconstruction, were paleotemperature calculated from *Mesodesma donacium* allowing SST reconstructions with a precision of 8 ° C in southern Peru (Carré et al., 2013), quantitative reconstruction of El Niño Southern Oscillation (ENSO) based on *Mesodesma* shells, mobility patterns of human populations within the modalities of occupation in the Middle Holocene, and seasonality of occupation was also observed. It is concluded that the malacological studies show to be good indicators of paleoenvironmental conditions and different climatic changes throughout history are recorded in the shellfish microfossils paleorecords.

**Keywords:** Paleoenvironments, molluscs, Humboldt Current System

## 2. INTRODUCCIÓN

Los paleoclimatólogos reconstruyen las condiciones del pasado a partir de la recolección de datos indirectos de “archivos naturales”, como los anillos de árboles, núcleos de hielo, sedimentos lacustres, turberas, sedimentos oceánicos, corales, y datos históricos (Fig. 1). Los archivos climáticos proporcionan información en diferentes períodos de tiempo, que abarca cientos de millones de años en una amplia gama de resoluciones temporales (Allison et al., 2010).

Los moluscos se encuentran entre los fósiles más comunes en sedimentos cuaternarios continentales, estando presentes en un amplio rango de depósitos. Constituyen una fuente de datos invaluable para reconstruir ambientes del pasado, en particular las condiciones de energía, temperatura, salinidad, dureza, pH, profundidad.



Los inmensos conchales existentes en diversos lugares de la costa peruana atestiguan que desde tiempos prehistóricos el hombre peruano utilizó moluscos marinos en su alimentación y para cebo de pesca, o también sus conchas con fines religiosos u ornamentales y como material para la elaboración de anzuelos y otros artefactos. Sandweiss & Rodríguez (1991) sostienen que los bivalvos *Spondylus* sp. (Pectinidae) y *Choromytilus chorus* (Mytilidae) tuvieron gran significado en los rituales religiosos del habitante andino peruano en épocas remotas.

Los moluscos también se utilizan en paleoecología, a pesar del sesgo en la conservación (procesos tafonómicos posterior al entierro), usándose las asociaciones de moluscos del Cuaternario para inferir sus hábitos de vida y los hábitats en el bentos marinos (Aitken et. al., 1990). La información previa disponible mostró que los moluscos proporcionan una clave para la reconstrucción de paleocomunidades y la evaluación de los cambios en la composición de la fauna durante el Holoceno (Gordillo et al., 2005).

### **3. MÉTODOS**

#### **Procesos Tafonómicos**

Los seres vivos han estado siempre ligados a determinados ambientes ecológicos, de forma que al sufrir alteraciones sensibles, se produce su emigración a los ambientes más favorables o, si esto no es posible, se extinguen. Por eso, un cambio de fauna significativo, suele ser consecuencia de un cambio ambiental importante que refleja un cambio climático correlativo (Adler et al., 2003).

La tafonomía estudia la transformación de restos, partes o productos de organismos de la biosfera a la litósfera, e.g. la formación de asociaciones de fósiles (Efremov 1940; Martin, 1999) y su objetivo es el mejor entendimiento de los sesgos presentes en el registro fósil. La conservación de los elementos de un determinado grupo tafonómico se debe a las transformaciones y/o replicaciones ocurridas. Cada grupo tafonómico ha llegado a estar registrado en la actualidad debido a los procesos de transformación y/o replicación experimentados por sus elementos conservados, no por la persistencia de restos orgánicos o por la ausencia de agentes de alteración (Brett et al., 1986).

Entre los grupos biológicos marinos se estudian principalmente a los foraminíferos, corales y moluscos. Algunos moluscos, como los Pelecípodos, al ser organismos sedentarios, proporcionan datos más seguros con relación

a la temperatura del agua del mar. Así, diferentes especies son tanto de mares cálidos como fríos que al experimentar cambios significativos en la temperatura del agua marina, desaparecen estrictamente ya que su capacidad móvil es bastante lenta para emigrar a mejores condiciones (Cummins et al., 1986).

### **Registro de Aproximación Paleoceanográficas**

Para determinar paleotemperaturas se utilizan los isótopos estables del oxígeno  $^{16}\text{O}$  y  $^{18}\text{O}$ , son herramientas útiles para interpretar el clima pasado (Buchardt & Fritz 1980 , Grossmann et al. , 1984).

La proporción de estos dos isótopos en el agua dulce en el carbonato de calcio de las conchas de animales marinos es muy distinta, y depende directamente de la temperatura del agua. Nigglí et al. (1953) también demostró que en el agua dulce, la proporción  $^{16}\text{O}$  -  $^{18}\text{O}$  es constante e igual a 0.002, mientras que la variación de esta proporción en los carbonatos marinos, es del orden de 0.16% por cada  $10^{\circ}\text{C}$  de temperatura.

### **Relación aragonito-calcita**

En los mares cálidos, las conchas de los moluscos tienen mayor proporción de aragonito que en los mares fríos, en cambio, el aumento de salinidad produce el efecto contrario (Friedman et al., 1978). En consecuencia, la proporción aragonito-calcita en las conchas de los moluscos, resulta ser directamente proporcional a la temperatura e inversamente proporcional a la salinidad, lo cual proporciona un importante indicador paleoclimático (Rohling & Cooke et al., 1999). Sin embargo, como en el agua de mar la salinidad aumenta con la temperatura, ambos efectos se contrarrestaron en cierto grado, y es conveniente contrastar los resultados obtenidos por este método, con la temperatura calculada por la dosificación de isótopos de oxígeno (Keigwin et al., 1998).

### **Relación magnesio-estroncio**

La cantidad de magnesio es las conchas marinas, disminuye al aumentar la temperatura, mientras que la cantidad de estroncio sustituido aumenta (Fernández et al., 1999). También influyen las variaciones de concentración del magnesio y del estroncio en el agua de mar, que depende de la salinidad.

La proporción de estroncio aumenta con la concentración de estos iones en el agua; en cambio para el magnesio parece que no existe relación apreciable (Fernández et al., 1999).



#### 4. RESULTADOS

En las investigaciones paleoambientales ocurrieron avances significativos que introdujeron cambios en el conocimiento a partir de las perforaciones en testigos de hielo y en fondos oceánicos, ya que ofrecieron un registro estratigráfico continuo. Por tal motivo, los registros utilizados recientemente y de mayor resolución temporal son la dendroclimatología, los microfósiles (foraminíferos, moluscos, dinoflagelados, corales) obtenidos de testigos oceánicos, testigos de hielo, secuencias estratigráficas de loess y de sedimentos fluviolacustres (i.e., moluscos, fitolitos) (Williams et al. 1993).

La composición de Oxígeno<sup>18/16</sup> y de Carbono <sup>13/12</sup> de los restos de moluscos, pueden brindar información respecto del medio (Buchardt & Fritz, 1980). Ambos elementos integran la mayor parte de los procesos biológicos (respiración y fotosíntesis) y físicos (evaporación, condensación, congelación, fusión).

El Carbono forma parte de los organismos en su mayoría bajo la forma <sup>12C</sup> y en menor proporción <sup>13C</sup> y <sup>14C</sup>. La cantidad de <sup>13C</sup> no disminuye a partir de la muerte del organismo, como ocurre con la cantidad de <sup>14C</sup>, que se va desintegrando. Existe un detallado registro isotópico a partir de microfósiles (entre ellos, moluscos terrestres y acuáticos) de gran amplitud temporal proveniente de contextos diversos, tales como fondos oceánicos, paleosuelos, sedimentos lacustres y eólicos (loess). Michener & Lajtha (2007).

La ocurrencia y abundancia relativa de los moluscos brindan información paleoambiental a escala local en suelos calcáreos donde los moluscos son abundantes y se preservan bien (Evans, 1984). Las asociaciones de moluscos son muy sensibles a la variación medioambiental, ya que el tiempo de respuesta de estas malacofauna a los cambios es rápido (menos de 50 años) (Puissegur et al., 1976). Por consiguiente, a partir del registro malacológico y de las variaciones climáticas indicadas por los moluscos continentales, es posible obtener información indirecta del paleoambiente donde se encuentran los sitios arqueológicos.

Para la interpretación paleoambiental basada en restos fósiles es fundamental la comparación entre datos provistos por distintas fuentes de evidencia: análisis de asociaciones faunísticas, estudios geológicos y control cronológico del área en cuestión. Al mismo tiempo se requiere el conocimiento de condiciones particulares de cada área.

Este procedimiento es apropiado para realizar interpretaciones que involucren largos períodos de tiempo dentro del Holoceno. En la publicación de Guzmán et al. (2001) se reporta que los depósitos litorales emergidos en la península de Mejillones (23° S, Chile), de 400,000 años de edad (Pleistoceno medío), contienen asociaciones faunísticas en las que coexisten poblaciones de moluscos característicos de aguas tropicales con moluscos de las aguas templadas típicas del área.

Durante el Holoceno tardío se ha identificado una gran diversidad de restos de moluscos de ambientes terrestres y fluviales debido al advenimiento de condiciones climáticas más húmedas y frías vinculada a eventos húmedos de variable intensidad dentro de una tendencia general de condiciones áridas durante el Holoceno tardío esto para el área de Chile. Maldonado & Villagran (2002).

Esta combinación se denomina (Asociación térmicamente anómala de moluscos, TAMA). En otras publicaciones anteriormente descritas en depósitos del último período interglacial en el sur del Perú (Ilo, 18° S) y en una paleolaguna de la costa central de Perú (Santa, 9° S), del Holoceno medío en la muestran la coexistencia de especies que viven actualmente al norte de 6° S, los que parece haber sido favorecidos por mecanismos de tipo El Niño que habrían ocurrido en el pasado Ortlieb et al., 1989. La aparición episódica, después de los eventos EN de los últimos años, de moluscos en la parte más protegida de la Bahía de Antofagasta, confirma la realidad de estos mecanismos, a pesar que actualmente, no se dan las condiciones paleogeográficas y climáticas favorables que existían hace 400,000 años. Ortlieb et al., 1994.

Carré y colaboradores (2005) realizaron estudios esclerocronológicos sobre valvas de *Mesodesma donacium* utilizando los ciclos quincenales de biomineralización,  $\delta^{18}O$  de la aragonita, la cual es la capa externa del bivalvo *M. donacium* que está estrechamente relacionada con temperatura superficial del agua (SST). Se calculó una paleotemperatura para esta especie que permite reconstrucciones de SST con una precisión 8°C en el sur Perú. A pesar de algunas incertidumbres relativas para el verano donde hay un crecimiento lento y la variabilidad de mesoescala SST, este estudio fue el primer trabajo de calibración isotópica de conchas moluscos en esta región y proporciona un indicador de alta resolución para reconstrucciones paleoceanográfica en el sur de Perú, dando posibles ideas sobre el problema del comportamiento pasado del El Niño-Oscilación del Sur (ENSO).



Carré et al. (2007) muestran que los patrones de movilidad dentro de las modalidades de ocupación en el Holoceno medio para un grupo humano y la estacionalidad de ocupación son extremadamente importantes para nuestra comprensión de la costa peruano-chilena. Sugiere la existencia de principales ocupaciones permanentes basadas en la complementariedad de recursos de temporada, arrojando una nueva luz sobre el modo de vida de los primeros habitantes de la costa sur del Perú. La población que ocupó el sitio Quebrada Los Burros (QLB) en el período ca. 8000 años AP a 7300 años AP, recolectó mariscos en diferentes ocupaciones arqueológicas y se evidencia una industria lítica con características novedosas.

En el trabajo de Carré et al. (2013) se determina una reconstrucción cuantitativa a largo plazo de El Niño Oscilación del Sur (ENOS), la cual es una variabilidad en el Pacífico oriental tropical. Ellos presentaron un método para estimar cuantitativamente los cambios en el pasado 1) en la amplitud estacional de la temperatura superficial del mar (TSM) en el sistema de afloramiento costero peruano y 2) en la amplitud de la variabilidad interanual relacionados con el ENSO en el Pacífico oriental tropical. Se determinó que la amplitud estacional de SST ( $\Delta T$ ) a lo largo de la costa peruana está fuertemente correlacionado con el índice Niño 1 +2. A su vez que la distribución de frecuencias de  $\Delta T$  refleja fielmente la variabilidad moderna del ENOS a escala regional, incluyendo la gama de anomalías de La Niña y eventos moderados de El Niño, pero excluye las anomalías cálidas extremas debido a la alta mortalidad de *Mesodesma donacium*.

## 5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las asociaciones de moluscos encontrados en el registro geológico y arqueológico reflejan las aportaciones de organismos que han vivido en un ambiente determinado, ya sea temporal o permanentemente. Aunque la abundancia relativa de las especies en un lugar puede ser más o menos alteradas por el transporte postmortem, preservación y diferencias incompletas en tiempo de vida (sesgo tafonómico), la utilidad de estas asociaciones malacológicas es primordial para la inferencia paleoambiental. Sin embargo, la pregunta crítica es cuánto podemos inferir sobre la ecología de estas comunidades asumiendo un sesgo en la preservación y procesos post-mortem de estas asociaciones?.

### **Con esta revisión podemos concluir:**

Los estudios malacológicos muestran ser buenos indicadores de condiciones paleoambientales.

Los diferentes cambios climáticos ocurridos a lo largo de la historia están consignados en los paleoregistros, e.g. encontrados en moluscos. La información contenida en registros históricos ayudan al análisis correcto de proxies climáticos obtenidos de material arqueológico para inferir paleotemperaturas, precipitación promedio y demás características ambientales de los paleoambientes.

El registro fósil y los fósiles de cualquier yacimiento, deben ser interpretados teniendo en cuenta las condiciones en que han sido producidos y las modificaciones que han experimentado en los sucesivos ambientes geológicos.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Allison, P. A. and Bottjer, D. J. (eds). 2010. *Taphonomy: process and bias through time*. Springer, New York, 612 pp.

ADLER, P. B. and LAUENROTH, W. K. 2003. The power of time: spatiotemporal scaling of species diversity. *Ecology Letters*, 6, 749–756.

Aitken, A. 1990. Fossilization potential of Arctic fjord and continental shelf benthic macrofaunas. In *Glaci-marine Environments: Processes and Sediments* (Dowdeswell, J.A.; Scourse, ID.; editors). Geological Society of London Special Publication 53: 155–176.

Belanger, C. L. 2011. Evaluating taphonomic bias of paleoecological data in fossil benthic foraminiferal assemblages. *Palaios*, 26, 767–778.

Carré, M., Bentaleb, I., Blamart, D., Ogle, N., Cardenas, F., Zevallos, S., Kalin, R. M., Ortlieb, L., and Fontugne, M.: Stable isotopes and sclerochronology of the bivalve *Mesodesma donacium*: potential application to peruvian paleoceanographic reconstructions, *Palaeogeogr. Palaeoclimatol.*, 228, 4–25, 2005.

Carre´, M., Bentaleb, I., Fontugne, M., Lavalley´e, D., 2005. Strong El Niño events during the early Holocene: stable isotope evidence from Peruvian sea-shells. *The Holocene* 15, 42– 47.

Carré, M., Azzoug, M., Bentaleb, I., Chase, B. M., Fontugne, M., Jackson, D., Ledru, M. Maldonado, A., Sachs, J. P., and Schauer, A. J.: Mid-Holocene mean climate in the south-eastern Pacific and its influence on South America, *Quatern. Int.*, 253, 55–66, doi:10.1016/j.quaint.2011.02.004, 2012.

Efremov, I. A. (1940) “Taphonomy: a new branch of paleontology” *Pan-American Geology* 74: pp. 81-93

Evans, J. G. 1972. *Land Snails in Archaeology: with special reference to the British Isles*. Studies in Archaeological Science, Academic Press Inc.

Evans, J. G. 1984. Land snail analysis. En: B. Cunliffe (Ed.), *Danebury*:



an Iron Age Hillfort in Hampshire. Vol 2. The excavation 1969-1978: The finds, London, Council for British Archaeology, Research report 52: 474- 481.

Gordillo, S.; Coronato, A.; Rabassa, J. 2005. Late Quaternary micromollusc assemblages from the southernmost tip of South America: a paleoenvironmental history after the Last Glacial Maximum. Reports on Polar and Marine Research 507: 58-62.

Gordillo, S. and Aitken, A. E. 2000. Palaeoenvironmental interpretation of Late Quaternary marine molluscan assemblages, Canadian Arctic Archipelago. *Geographie physique et Quaternaire*, 54, 301-315.

Maldonado, A. y C. Villagrán 2002 Paleoenvironmental changes in the semiarid coast of Chile (~32°S) during the last 6200 cal years inferred from a swamp-forest pollen record. *Quaternary Research* 58:130-138.

Michener Robert, Lajtha Kate: Books. *Stable Isotopes in Ecology and Environmental Science* (9781405126809):

Martin, Ronald E. (1999) "1.1 The foundations of taphonomy" *Taphonomy: A Process Approach* Cambridge University Press, Cambridge, England, p. 1, ISBN 0-521-59833-8.

Ortlieb, L.; Ghaleb, B.; Hillaire-Marcel, C; Machare, I; Pichet, P. 1991. Geocronología de terrazas en la costa sur-peruana: Enfoque metodológico. In Congreso Peruano de Geología, No. 7. Resúmenes Extendidos: 511-516. Lima.

Ortlieb, L.; Guzmán, N; Candía, M. 1994. Moluscos litorales del Pleistoceno Superior en el área de Antofagasta, Chile: Primeras determinaciones e indicaciones paleoceanográficas. *Estudios Oceanológicos* 13: 57-63.

Ortlieb, L.; Guzmán, N; Marquardt, C. 2003. A Longer-Lasting and Warmer Interglacial Episode During Isotopic Stage 11: Marine Terrace Evidence in Tropical Western Americas. *American Geophysical Union. Geophysical Monograph* 137: 157-180.

Puisségur, J. J. 1976. Mollusques continentaux quaternaires de Bourgogne: significations stratigraphiques et climatiques. Rapports avec d'Autres Faunes Boreales de France. *Memoires Geologiques de l'Universite de Dijon*, vol. 3, Centre de paleogeographie et de paleobiologie evolutives, Dijon.

Sandweiss, D. y M. Rodríguez. 1991. Moluscos marinos en la prehistoria peruana: breve ensayo. *Boletín de Lima*, 75:55-63

Shackleton, N. J. 1987. Oxygen isotopes, ice volume and sea level. *Quaternary Science Reviews* 6:183-190.

Williams, M., D. Dunkerley, P. De Deckker, P. Kershaw y J. Chappell. 1993. *Quaternary Environmental*. Springer, London.





I JORNADA DE JÓVENES  
INVESTIGADORES EN  
PALEONTOLOGÍA  
I JJIP



DIRECCIÓN GENERAL DE PATRIMONIO CULTURAL

Sede Central: Av. Javier Prado Este 2465  
San Borja, Lima 41 Perú  
[www.cultura.gob.pe](http://www.cultura.gob.pe)

