

## **IMPLICANCIAS PALEOAMBIENTALES DEL ESTUDIO DE LA FRACCION DETRITICA EN LAMINAS EN SEDIMENTOS ANOXICOS DE LA ZONA DE AFLORAMIENTO FRENTE A PISCO HACIA FINES DE LA PEQUEÑA EDAD DE HIELO**

Velazco F.<sup>1</sup>, Sifeddine A.<sup>2,3</sup>, Caquineau S.<sup>2</sup>, Boucher H.<sup>2</sup>, Tapia P.<sup>1,4</sup> Gutierrez D.<sup>1</sup>, Ortlieb L.<sup>2</sup> y Ferreira V.<sup>5</sup>.

<sup>1</sup> IMARPE, Esquina Gamarra y General Valle S/N, Callao, Perú. [fvelazco@imarpe.pe](mailto:fvelazco@imarpe.pe)

<sup>2</sup> LOCEAN UMR 7159 (CNRS-IRD-MNHN-Univ. P. & M. Curie), Centre IRD, 32 Avenue Varagnat, 93 143 Bondy. France.

<sup>3</sup> Dpto. de Geoquímica Ambiental, Univ. Federal Fluminense, Niteroi (RJ), Brasil, and LMI PALEOTRACES (IRD-UFF-Univ. Antofagasta).

<sup>4</sup> Univ. Peruana Cayetano Heredia, Honorio Delgado 430. Lima, Perú.

<sup>5</sup> Centro de Investigación Científica y de Enseñanza Superior, Carretera a Tijuana, Ensenada, Baja California Norte, México.

### **RESUMEN**

La cuantificación del limo y arena detríticas de una lámina de sedimento así como la identificación de las poblaciones individuales en su curva granulométrica de frecuencia acumulada, constituyen sensibles marcadores paleoambientales a muy alta resolución temporal que permiten identificar un agente de transporte y/o fluctuaciones de su(s) niveles de energía. En la sección de un testigo de sedimento anóxico, proveniente del margen continental frente a Pisco que representa un periodo de tiempo previo y posterior al fin de la Pequeña Edad de Hielo, se ha identificado al viento como principal agente de transporte de la fracción detrítica, a su vez, se ha encontrado que las mayores proporciones de limo y arena cuantificadas en sus láminas están asociadas con tonalidades color claro de las mismas.

### **INTRODUCCION**

Los sedimentos laminados de la zona de Mínimo Oxígeno (ZMO) y ubicados bajo un área de afloramiento marino frente a Pisco, pueden proporcionar a través del estudio de la granulometría de la fracción detrítica que lo compone, información acerca del agente de transporte desde el continente al océano y su relativa intensidad, permitiendo la inferencia de variabilidad de condiciones paleoceanográficas y paleoclimáticas. Estas implicancias paleoambientales de la interpretación de estudios en la fracción detrítica, considerando la ubicación del testigo (relativamente alejado de fuentes de aporte fluvial), están relacionadas principalmente con el viento, es cual es el principal agente forzante del afloramiento marino y del transporte de partículas del continente al océano. Esta información puede ser obtenida a muy alta resolución temporal, de acuerdo a lo que cada lámina del sedimento (clara y oscura) puede representar a partir de su análisis individual e independiente. Hacia fines de 1820, se refleja en los sedimentos anóxicos entre Callao y Pisco (Fig. 1) un abrupto cambio (Shift) en las condiciones climáticas que corresponden al fin de la pequeña Edad de Hielo (siglas LIA en Inglés) interpretándose la migración hacia el norte de la Zona de Convergencia Intertropical, descritos por Siffeddine et al (2008), así como una reorganización en las condiciones biogeoquímicas del ecosistema de la Corriente Peruana (Gutiérrez et al, 2009).

### **METODOS**

En el marco del Proyecto PALEOPECES (IMARPE-IRD), durante un crucero de investigación paleoceanográfica a bordo del BIC OLAYA en mayo del año 2004, se colectó frente a Pisco el testigo de sedimentos B0405-06 (14°07'S, 76°30'W, 299 m). Una sección laminada del mismo (aproximadamente entre 25,5 a 48 cm de profundidad), que representa un periodo de tiempo previo y posterior al final del LIA (Gutiérrez et al, 2009) (Fig. 1), fue escaneada a una resolución de 600 dpi, luego fueron seleccionadas 50 láminas entre claras y oscuras (Fig. 1) para diferentes análisis, entre ellos de granulometría láser.

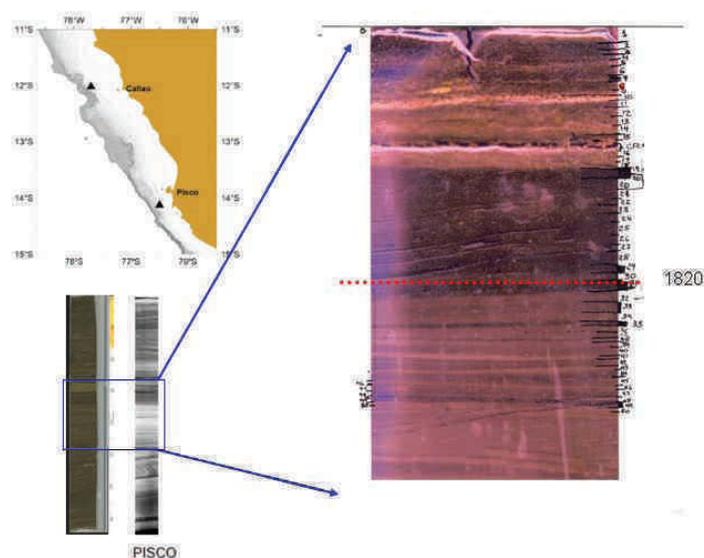


Figura 1. Ubicación geográfica de testigo B0405-06 (Pisco). Imagen radiográfica (SCOPIX) (Inf. Izq.) y, losa 0, Sección B de sedimento escaneada en color natural y códigos de muestras (Der.)

Posteriormente la losa fue sub-muestreado a escala de láminas individuales y en muy pocos casos agrupando más de una. Seguidamente cada lámina sub-muestreada fue sometida a un proceso para eliminar la materia orgánica con peróxido de hidrógeno al 10%, luego los foraminíferos calcáreos fueron disueltos con ácido clorhídrico al 10% y después de repetidas centrifugaciones (20 veces) aislando el líquido remanente, fue separada la fracción arcilla menor a 2 micras. Finalmente fue eliminada la fracción de sílice biogénica compuesta por caparazones de diatomeas empleando una solución de carbonato de sodio 2M. La fracción detrítica mayor a 2 micras obtenida fue analizada a través de un Sysmec FPIA 3000 (Flow particle image analyzer) Malvern, obteniéndose resultados de la granulometría de las fracciones limo y arena basados en el mayor diámetro de cada partícula. Seguidamente los resultados del análisis del diámetro de las partículas se transformaron de forma a volumen, utilizando Excel, y empleando el programa Gradistat V. 4 se obtuvieron los parámetros estadísticos del tamaño de grano por el método de los momentos (Folk, 1974). Para “suavizar” la curva de frecuencia acumulada se empleó en hoja de cálculo Excel la técnica estadística de promedios móviles y a partir de este resultado se aplicó otra técnica estadística denominada Deconvolución empleando un programa en MatLab, individualizándose las curvas que en conjunto conforman la curva de frecuencia acumulada correspondiente a cada lámina, discriminándose en consecuencia cada una de las poblaciones que componen la muestra. Los resultados se superponen así a la imagen escaneada y se observa gráficamente la distribución de los parámetros a lo largo de la sección del testigo estudiado.

## RESULTADOS Y DISCUSION:

Las curvas de frecuencia acumulada de cada lámina (claras y oscuras), tanto antes como posterior al fin del LIA (Fig. 2), muestran en la mayoría de los casos ser bimodal o polimodales (más de una población de tamaño de grano), cada población podría estar asociada a un agente de transporte ó fluctuaciones del nivel de energía del mismo. De acuerdo a Stuut et al (2007) para el margen norte frente a Chile, el principal agente de transporte de fracción detrítica de limo y arena a los sedimentos hemipelágicos de esta región lo constituye el viento, en tanto que la fracción más fina (arcilla) está asociado al aporte fluvial. Considerando similar contexto océano-climático y características geológicas similares entre la costa sur peruana y norte de Chile, así como las recurrentes condiciones de viento y transporte de sedimentos en las capas más bajas de la atmósfera (Escobar, 1993; Escobar, 2004), se considera que el principal agente de transporte de esta fracción también sería el viento.

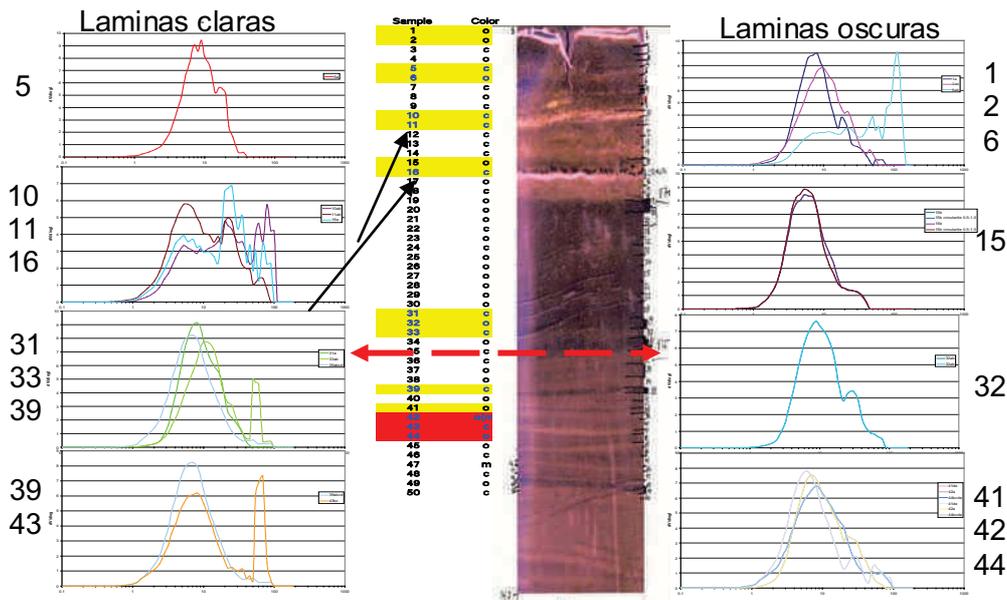


Figura 2: Curvas de frecuencia acumulada de tamaño de grano de algunas láminas claras y oscuras.

En la figura 3, se muestra el gráfico de las magnitudes de las modas de las fracciones limo grueso y arena superpuestas a sus correspondientes tonos de gris del testigo en color. En esta figura es posible observar una clara variabilidad entre las modas de limo grueso y arena de las láminas claras y oscuras, que es mayor y más notable en el periodo de tiempo post LIA, donde el aporte fluvial decrece y los vientos empiezan a tener mayor relevancia como agente de transporte (Siffedine et al, Op Cit). También es notable para este periodo post LIA, que la fracción limo grueso (>31 micras) presenta en sus mayores magnitudes coincidencia con las tonalidades de color claro. Este resultado indicaría que efectivamente, la granulometría de la fracción detrítica >2 micras constituye un sensitivo marcador de transporte eólico. El tamaño de grano está en relación directa con la competencia del viento, que ha transportado hasta arenas inclusive, lo cual, podría ser explicado por la ocurrencia de tormentas de viento (conocidos hoy localmente como Paracas). Se interpreta también que láminas claras podrían representar periodos de mayor intensidad de vientos que los registrados en láminas oscuras. Por otro lado, los resultados también nos ayudan a sostener que algún componente no biogénico o proporciones relativas de más de alguno de ellos, podría explicar en parte el color claro de láminas que es parte de investigaciones en curso (Tapia et al, 2008), esperándose extender estas aplicaciones al resto del testigo.

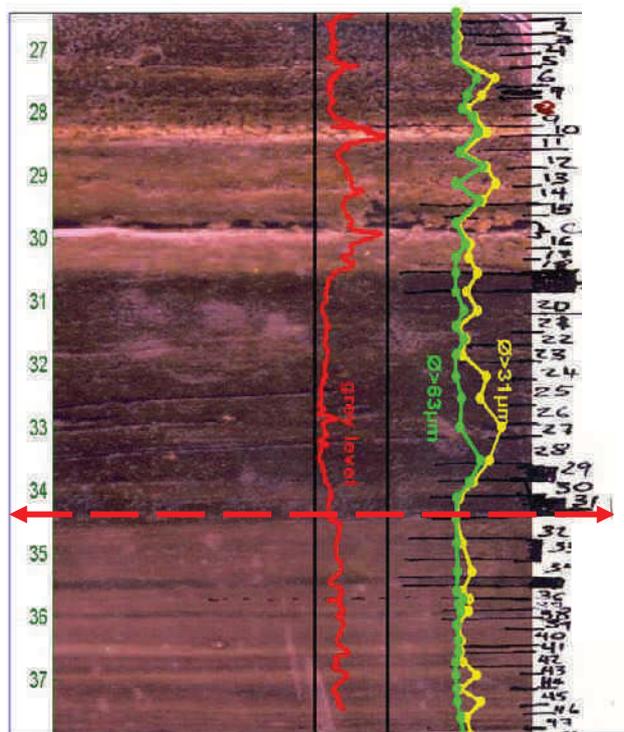


Figura 3. Resultados de fracciones granulométricas de limo grueso (>31 micras), arena (>63 micras), nivel de gris de tonalidad del color, todos superpuestos a imagen escaneada de Losa 0, sección B del testigo B0405-06.

## REFERENCIAS

- Escobar, D. 1993. Evolución climática y sinóptica de los vientos Paracas. Tesis Ing. Meteorólogo. Facultad de Ciencias, Dpto. Física y Meteorología. UNALM, Lima
- Escobar, D. 2004. Tormenta de polvo y arena (viento Paracas). Caso: 04 de octubre, 2004. en: [http://www.senamhi.gob.pe/pdf/estudios/viento\\_paracas.pdf](http://www.senamhi.gob.pe/pdf/estudios/viento_paracas.pdf)
- Folk, R.L. 1974, *Petrology of Sedimentary Rock*: Austin, TX, Hemphill Publishing Company, 182 p.
- Gutiérrez, D., Sifeddine, A., Field, D., Ortlieb, L., Vargas, G., Chávez, F., Velazco, F., Ferreira, V., Tapia, P., Salvattecí, R., Boucher, H., Morales, M., Valdés, J., Reyss, J.-L., Campusano, A., Boussafir, M., Mandeng-Yogo, M., García, M. & Baumgartner, T. 2009. Rapid reorganization in ocean biogeochemistry off Peru towards the end of the Little Ice Age. *Biogeosciences*, 6, 835 - 848.
- Stuut, J., Jan-Berend W., Kasten, S., Lamy, F. and Hebbeln, D. 2007. Sources and modes of terrigenous sediment input to the Chilean continental slope. *Quaternary International*, 161(1):67-76
- Tapia, P.M., Velazco, F., Sifeddine, A., Ortlieb, L. & Gutierrez, D. 2008. Biogenic, textural and detritic composition of laminated sediments from Lima and Callao basins, Central Peru. Eastern boundary upwelling ecosystems: integrative and comparative approaches (Las Palmas de Gran Canaria, June 2008), Abstr. Vol.: 154-155.
- Sifeddine, A., D. Gutiérrez, L. Ortlieb, H. Boucher, F. Velazco, D. Field, G. Vargas, M. Boussafir, R. Salvattecí, V. Ferreira, M. García, J. Valdés, S. Caquineau, M. Mandeng Yogo, F. Cetin, J. Solis, P. Soler, T. Baumgartner. 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: 190–197