

45 mm

SEÑALES PALEOCLIMÁTICAS A ESCALA INTERANUAL EN SEDIMENTOS HEMIPELÁGICOS DEL MARGEN CONTINENTAL FRENTE PISCO DURANTE LOS ÚLTIMOS 200 AÑOS

Federico Velazco¹; Abdel Sifeddine²; Sandrine Caquineau³, Hugues Boucher³, Dimitri Gutiérrez¹, Pedro Tapia⁴, Luc Ortlieb³ y Vicente Ferreira⁵
fvelazco@imarpe.gob.pe

¹- IMARPE; ²- LMI PALEOTRACES IRD-UFF-UANTOF, Brasil ³- LOCEAN UMR 7159 - IRD; ⁴- Universidad Peruana Cayetano Heredia, Perú; ⁵- CICESE, México

Esquina Gamarra y Gral Valle S/N. Chucuito, Callao. Perú. PO 22.

Palabras clave: Holoceno, paleoclima, sedimentología, geoquímica, fracción detrítica.

I. INTRODUCCION

El estudio sedimentológico, geoquímico y mineralógico de los sedimentos hemipelágicos marinos ha sido ampliamente empleado en la identificación de las fuentes de aporte y agentes de transporte de partículas minerales desde el continente al océano en el margen continental y Placa de Nazca adyacente frente a Perú y Chile, como también de los procesos paleoceanográficos y de su variabilidad temporal.

Los sedimentos influenciados por la Zona Mínima de Oxígeno (ZMO), de una zona altamente productiva del Ecosistema de la Corriente de Humboldt, ubicados en el Margen Continental Peruano frente a la desértica zona de Pisco, ofrecen una oportunidad de reconstrucción paleoclimática a resolución interanual, que se aborda preliminarmente en este trabajo como parte de un estudio en curso que abarca un periodo de tiempo durante los últimos 200 años.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

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). Las dos primeras secciones del testigo que de acuerdo las dataciones realizadas por Gutiérrez et al. (2009) representan los últimos 200 años aproximadamente, (Fig. 1), fueron escaneadas a una resolución de 600 dpi, luego fueron sub-muestreadas a nivel de láminas entre claras y oscuras y donde no existían laminaciones definidas, se corto cada 3 mm aproximadamente. Casi todas las sub-muestras fueron seleccionadas para análisis de geoquímica inorgánica y algunas sub-muestras para análisis granulométricos y mineralógicos (Fig. 1). Los análisis se realizaron en los laboratorios de la UR Paleoproxus del IRD en Bondy, Francia

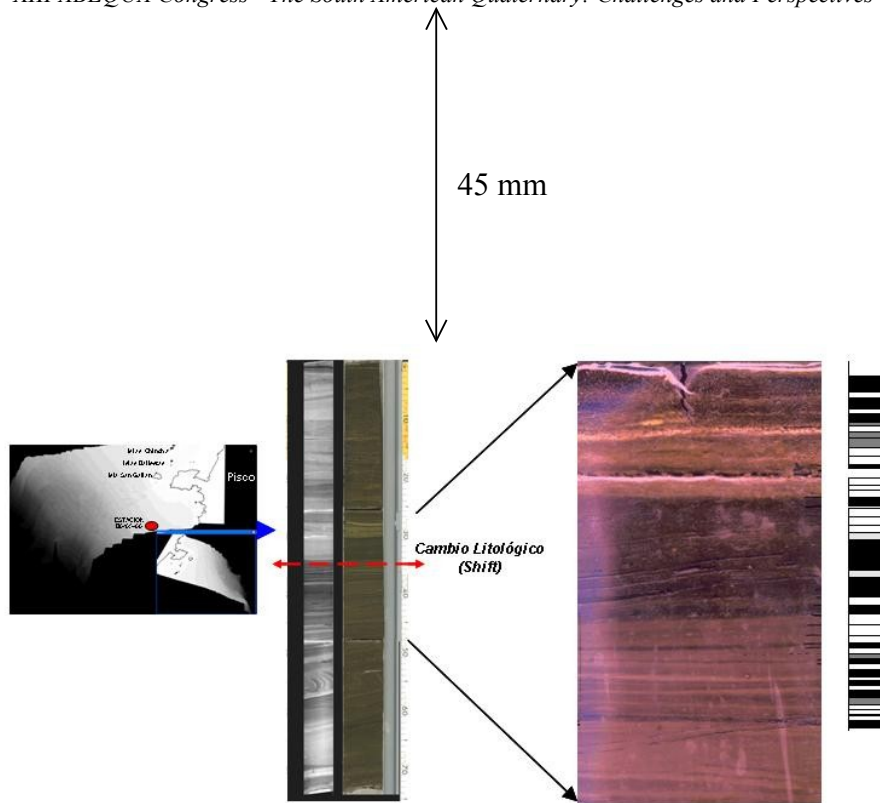


Figura 1: Ubicación geográfica de testigo B0405-06 (Pisco). Imagen radiográfica (SCOPIX) (Inf. Izq.) y Sección B de sedimento escaneada en color natural y códigos de muestras (Der.)

La determinación de concentraciones de metales traza redox-sensitivos (Al, Fe, Ti, V, Ca, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Cd, Mo) se realizó en casi todas las sub-muestras mediante ICP (Inorganic Chemical Plasma) empleando un equipo ICP-MS (Ultramass Varian) con un ICP-AES (Zwolsman et al., 1999; Cho et al., 1999).

Los análisis mineralógicos (determinación de cuarzo, calcita, caolinita, albita, sílice total y gibsita) se realizaron, mediante un sistema FTIR (Fourier transformed infrared Spectrometry) empleando la determinación cuantitativa propuesta por Bertaux et al. (1998).

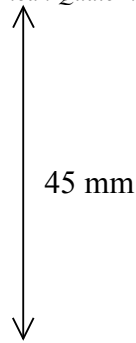
El análisis granulométrico de la fracción detrítica mayor a 2 micras (obtenida mediante centrifugaciones sucesiva) y libres de la fracción orgánica (carbonatos de foraminíferos y sílice biogénica) se determinó mediante un Sysmec FPIA 3000 (Flow particle image analyzer) Malvern. A la curva de distribución de tamaño de grano de cada lámina se aplicó la técnica estadística denominada Deconvolución, empleando un programa en MatLab, que permitió individualizar e identificar las modas componentes en cada curva, identificándose en consecuencia cada una de las poblaciones que componen la muestra.

Para estudiar las relaciones entre las variables se empleó métodos de correlación, análisis de agrupamiento y Análisis de Componentes Principales (ACP) con el software Minitab Ver. 14.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Granulometría

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. Cada población podría estar asociada a un agente de transporte ó fluctuaciones

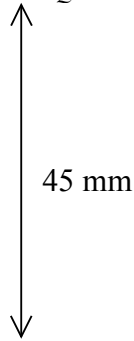


del nivel de energía del mismo. De acuerdo a Scheidegger and Krissek (1982) y Saukel et al. (2010) para el caso de sedimentos hemipelágicos del margen Peruano y a Stuut et al. (2007) para el margen norte frente a Chile, como también las evidencias del transporte eólico encontrado por Próspero y Bonati (1969), el principal agente de transporte de fracción detrítica de limo y arena a los sedimentos hemipelágicos de estas regiones lo constituye el viento, en tanto que la fracción más fina (arcilla) está asociado al aporte fluvial.

Con estas consideraciones, analizamos que en los resultados las modas en las fracciones de limo y arena son reflejo del viento como agente de transporte y sus fluctuaciones de energía como también de la fuente de suministro local o regional. Las curvas polimodales que presentan una mas de una moda en distribuciones de tamaños menores a 32 micras (ubicadas al lado izquierdo de la distribución del tamaño de grano de la figura 2), tanto para láminas claras como para las oscuras, reflejarían potencialmente el aporte y la competencia de una o más de una de las fuentes y tipos de los vientos normales de la región del Pacífico y los del sistema del Atlántico que transportan partículas desde el altiplano, como también partículas acarreadas por los alisios y el polvo de menor tamaño proveniente de los vientos Paracas que pueden ocurrir con intensidad variable más de una vez cada año (Escobar, 1993; 2004).

Figura 2: Curvas de distribución de tamaño de grano de algunas láminas claras y oscuras. Resultados de fracciones granulométricas de limo grueso (>31 micras) en color verde, arena (>63 micras) en color amarillo, nivel de gris de tonalidad del color (línea roja), superpuestas a imagen escaneada de la sección B del testigo.

En la Figura 2, también 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 (Sifeddine et al., Op Cit). También es notable según los resultados que para este periodo post LIA, que la fracción limo grueso (>31 micras) presenta en sus mayores magnitudes coincidencia con las tonalidades de color claro.



Las modas de las fracciones de limo grueso (> 31 micras) y arena muy fina (>63 micras) cuya distribución en profundidad del testigo se muestra en la figura 3, corresponden a un agente de aporte local de viento muy intenso (mayor al normal), con la competencia suficiente para transportar partículas de estos tamaños como es el caso de las tormentas de polvo y viento “Paracas” (Escobar, 1993; 2004). Y que además por estar asociadas estas modas con las tonalidades de color claro, encontramos que coloraciones claras representan los periodos anuales o interanuales de mayor intensidad de los vientos.

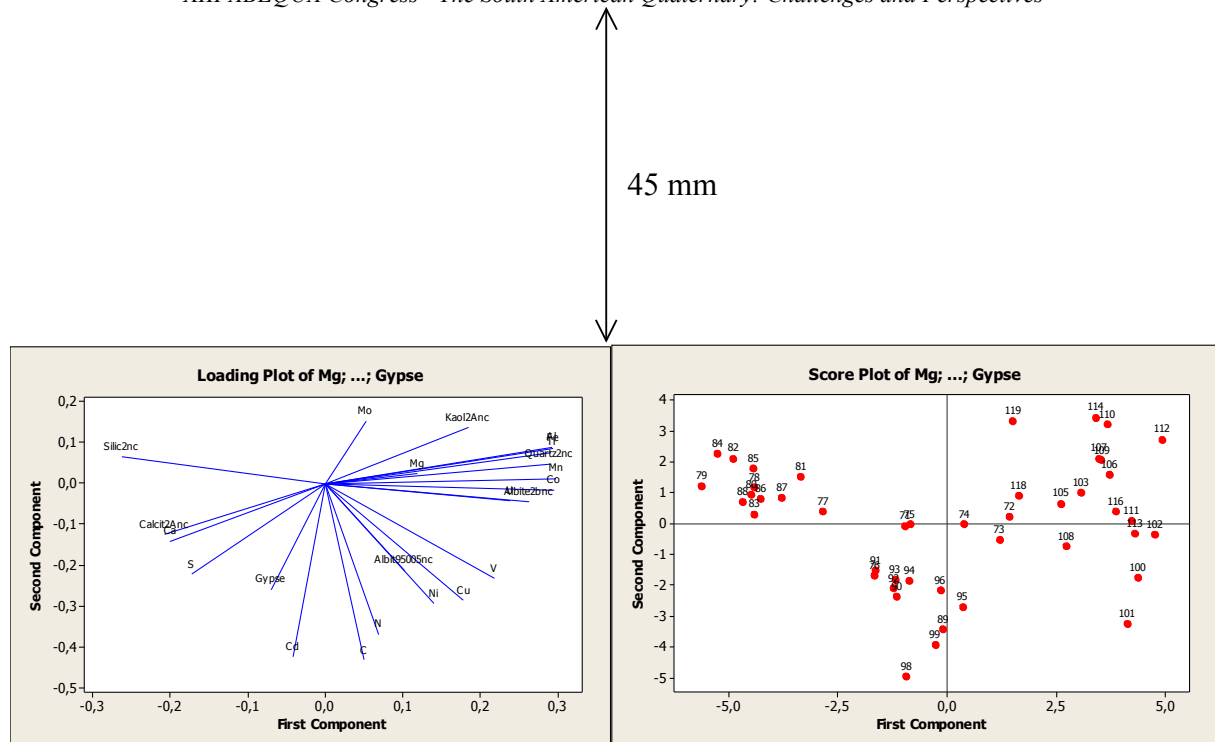
Parámetros geoquímicos

El análisis estadístico de los parámetros geoquímicos y mineralógicos muestra correlaciones muy altas para los elementos (Al, Fe, Ti, Mn, Co) que conforman los silicatos y como es esperado, también con el cuarzo, la albita, con el U y en menor magnitud la caolinita. Estos elementos constituyen proxies de aporte continental y reflejan la erosión de formaciones geológicas presentes en la costa sur del Perú, su transporte y depositación en el océano.

El Cu con el V y el U muestran correlaciones ligeramente mayores a 6 y mayores a 5 con la albita, el Cd, Mn, Co, Ni y el C. El Cd con la Sílice biogénica, Ni, y el C (mayores a 0,5). El Ca presenta correlaciones negativas con todos los elementos terrígenos, excepto con la calcita, que correspondería principalmente a carbonato de origen biogénico (Foraminíferos).

Los principales agrupamientos observados en el análisis Cluster son los minerales que conforman los silicatos; otro agrupamiento de C con el N, proxies de la paleoproductividad marina a los cuales están asociados aunque con bajos valores el Cu. Un sub-grupo relacionado fuertemente al grupo de los silicatos está conformado la albita y los elementos U, V y la caolinita. Lógicamente están el grupo calcita con el Ca. La sílica biogénica no presenta agrupamiento con la mayoría de elementos, excepto con el Cd, proxy de anoxia.

Estos resultados han sido bien corroborados por el ACP que muestra dos grupos. Asociados al primer componente los metales traza del grupo de silicatos, junto con minerales como el cuarzo y la albita; el Cu, V, Ni y para la segunda componente el C, N y Cd (Fig. 2a). Con respecto a las laminaciones (Fig. 2b), se puede apreciar también que existen grupos según su posición en el testigo, agrupándose por profundidades que se interpretan como resultado de condiciones y procesos océano-climáticos comunes que controlaron su composición química y mineralógica.



45 mm

Fig. 5 a) ACP de los parámetros minerales y geoquímicos de la sección laminada del testigo B0605-06 y, b) ACP de los códigos de las muestras.

REFERENCIAS

- Escobar, D. 1993. Evolución climática y sinóptica de los vientos Paracas. Tesis Ing. Meteorólogo. Facultad de Ciencias, Dpto. Física y Meteorología. UNALM.
- 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
- 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.
- Scheidegger, K y L. Krissek. 1982. Dispersal and deposition of eolian and fluvial sediments off Peru and northern Chile. *Geological Society of America Bulletin*. 93: 150-162.
- 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
- 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