

## VARIACIONES DE FORAMINÍFEROS BENTÓNICOS DE LOS ÚLTIMOS 460 AÑOS EN SEDIMENTOS LAMINADOS DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL PERUANA

María del Carmen Morales<sup>1</sup>, David Field<sup>2</sup>, Sergio Mayor Pastor<sup>3</sup>, Dimitri Gutiérrez<sup>4</sup>, Abdelfettah Sifeddine<sup>5</sup>, Luc Ortlieb<sup>5</sup>, Vicente Ferreira<sup>6</sup>, Renato Salvatelli<sup>4</sup> & Federico Velazco<sup>4</sup>

<sup>1</sup>INGEMMET, Av. Canadá 1470 San Borja mmorales@ingemmet.gob.pe

<sup>2</sup>MBARI- Monterey Bay Aquarium Research Institute, Moss Landing, CA, USA

<sup>3</sup>GEOTOP-Geochemistry and Geodynamics Research Centre, Montréal, Canada

<sup>4</sup>IMARPE- Instituto del Mar del Perú, Dirección de Investigaciones Oceanográficas, PO. Box 22, Callao, Perú.

<sup>5</sup>IRD- Institut de Recherche pour le Développement, PALEOTROPIQUE, Bondy, France

<sup>6</sup>CICESE- Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Ensenada BC. Mexico

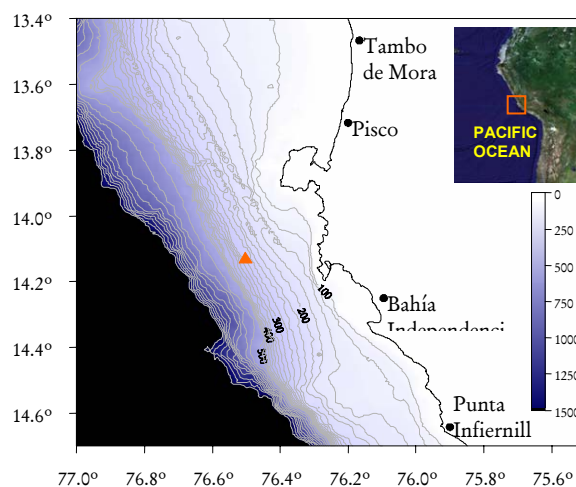
### INTRODUCCIÓN

En la plataforma continental peruana se vienen depositando a través del tiempo sedimentos que bajo condiciones de mínima oxigenación preservan una secuencia temporal finamente laminada. La presencia foraminíferos, así como otros registros en el sedimento, constituyen un valioso registro de las variaciones ambientales y ecosistemas oceánicos. El presente trabajo muestra las variaciones del patrón de distribución de foraminíferos de un testigo de Box core colectado frente a Pisco y sus implicancias en las reconstrucciones ambientales de los últimos 460 años. Las abundancias relativas de las especies carbonatadas bentónicas y planctónicas a lo largo del testigo revelan períodos de presencia intermitente de testas así como ausencia en escalas de tiempo centenal, producto de procesos de disolución post-depositacional. Una tendencia hacia la reducción de las concentraciones de oxígeno es mostrada a partir del año 1826 hacia el siglo XX, lo cual se explica por un incremento en la preservación seguida por un incremento de la abundancia de *Bolivina seminuda* especie caracterizada por su mejor adaptación a condiciones disóxicas a micróxicas. Estos cambios de intensa disolución hacia la preservación de testas y decrecimiento de los niveles de oxigenación, en conjunto con otros “proxies” del testigo, indican importantes cambios en los ambientes biogeoquímicos del sistema de upwelling de la costa peruana.

Este estudio se esta llevando a cabo en el marco de los Proyectos: GR-8 de INGEMMET y Paleopeces programa multidisciplinario que lidera IMARPE y cuyo fin es la reconstrucción de la variabilidad climática y del ecosistema del mar peruano durante los últimos 2000 años a partir del análisis de multiproxies.

### DESCRIPCIÓN DEL TESTIGO

El testigo de Box core B0405-6 materia del estudio fue colectado en Mayo del 2004 durante el Crucero “Paleo 1” a bordo del BIC José Olaya de IMARPE, está ubicado a 14° 07.86’ S y 76° 30.14’ W (NW de Bahía Independencia, Pisco) y a 299 mbnm. Consiste de una secuencia sedimentaria de 72.88 cm de longitud, con laminaciones milimétricas, color verde olivo y gris bien preservadas, las cuales son cortadas por una estructura slump (pliegues volcados formados por deslizamiento instantáneo de sedimentos pendiente abajo), ubicado entre los 52 y 55 cm. de profundidad. La Radiografía Analógica de Rayos X y Radioscopia digital de Rayos X de alta resolución (SCOPIX) que registraron estas



**Fig.1.** Ubicación del boxcore B0405-06 (Triángulo rojo 14°07.90 S, 76°30.10 W, 299 m profundidad) Plataforma continental del Perú sur-central. (Gutiérrez et al. 2006)

estructuras sedimentarias, revelaron un gran cambio sedimentológico a los 34 cm de profundidad que diferencia laminaciones gruesas hacia el tope y laminaciones finas entre los 34 cm. y el slump.

El testigo fue seccionado en 6 losas longitudinales. Una de ellas dividida según la estratigrafía del testigo en 136 muestras de 0.25 cm a 0.8 cm (Gutiérrez et al., 2006), representando intervalos de tiempo que van de 0.1 a 6.9 años. Las muestras estudiadas por foraminíferos corresponden a la fracción > 125 µm.

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

El patrón de distribución de foraminíferos en los últimos 460 años, mostrado en la figura 1 puede ser caracterizado por tres secuencias referidas a la presencia o ausencia de testas carbonatadas en varios intervalos continuos. Así la Secuencia I, comprendida entre los años ~ 2004 ~ 1826 es la que representó las más altas densidades de foraminíferos carbonatados bentónicos y planctónicos; La taxocenosis de esta secuencia se caracterizó por la abundancia y dominancia de *Bolivina seminuda* y *Buliminella subfusiformis*. En general las testas presentaron buena preservación, aunque fue común encontrar algunos niveles con numerosas testas de *B. seminuda* y *Cassidulina limbata* fragmentadas y afectadas por disolución, característica que se fué haciendo continua a partir de ~1958 hacia ~1826. La Secuencia II comprendida entre los años ~ 1826 y ~1608 representó intervalos continuos de ausencia de testas carbonatadas interrumpidos por una ocurrencia de testas con marcas de disolución, restringida a la parte media de la estructura slump y 5 cm por debajo de ella. La Secuencia III comprendida entre los ~ 1608 y ~1542, represento menores densidades y una mayor equidad de las especies, fueron abundantes *B. seminuda*, *Bolivina plicata* y *Pseudoparrella sp.* Las evidencias de disolución de testas fueron continuas a lo largo de esta secuencia.

Hay importantes señales que indican que la variabilidad de la abundancia de foraminíferos puede deberse a efectos de disolución de carbonatos: 1) Evidencias directas como testas calcáreas fragmentadas y afectadas por disolución a lo largo del registro, 2) Bajas abundancias y ausencia de foraminíferos planctónicos de los cuales se conoce son abundantes en aguas de surgencias en el Perú. 3) Ausencia de foraminíferos bentónicos cuando se conoce que algunas especies son abundantes en aguas disóxicas-micróxicas y 4). Variaciones de la abundancia de testas registradas a través del slump, el cual representa un depósito instantáneo con exposición diferencial post-depositacional a las aguas intersticiales debido a su geometría.

La intensidad de estos procesos de disolución puede ser diferenciada en grandes escalas de tiempo por los efectos mostrados en el patrón de distribución de testas. Mientras las secuencias I y III representan una disolución menor y variable, la Secuencia II representa una intensa disolución con desaparición total de testas calcáreas y preservación de escasas testas aglutinadas. Aunque las especies de foraminíferos registradas en el slump no reflejan condiciones ambientales in situ debido a la naturaleza del depósito, estas y las determinadas inmediatamente debajo sugieren una disolución post-depositacional. La depositación rápida del slump aparentemente preservó la comunidad de foraminíferos en las muestras de tiempo continuo, mientras que la disolución de testas en la parte superior del slump se debió a la mayor porosidad de la estructura y directa exposición a algún factor químico de las aguas intersticiales.

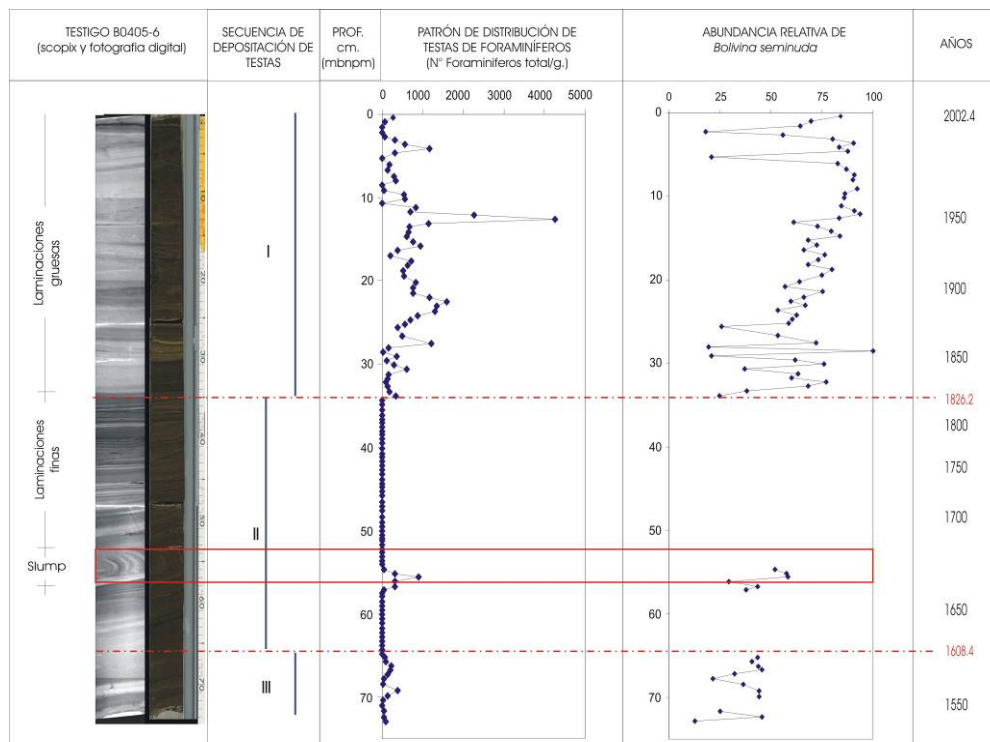
Una explicación para la mejor preservación de testas en la Secuencia I es la reducción de las concentraciones de oxígeno. La tendencia hacia una mayor abundancia relativa de *B. seminuda* desde ~ 1826 (Fig. 1) sugiere una reducción de las concentraciones de oxígeno ya que se trata de una especie indicadora de condiciones disóxicas, micróxicas (Harman, 1964; Bernhard & Resig, 1990; Boltovskoy et al. 1991; Sen Gupta, 2000; Páez et al., 2001). El slump también presenta una oportunidad para estimar el % de *B. seminuda* durante una parte de la Secuencia II ya que el porcentaje de *B. seminuda* es relativamente bajo en estas muestras (Fig. 1), se puede interpretar que, por lo menos algunos tiempos de la Secuencia II fueron tiempos con mayor oxigenación que la Secuencia I. Estas variaciones de disolución intensa hacia la preservación de testas y cambio de abundancia relativa sugieren importantes cambios en la química del agua intersticial de los sedimentos, la cual puede variar con los cambios en la acidez, alcalinidad, masas de agua y oxígeno asociado al flujo de carbón orgánico.

Estas tendencias de la oxigenación también son consistentes con otros proxies que indican incremento de productividad y disminución de oxígeno a partir del gran cambio a mediados del siglo XIX (Gutiérrez et al. 2006).

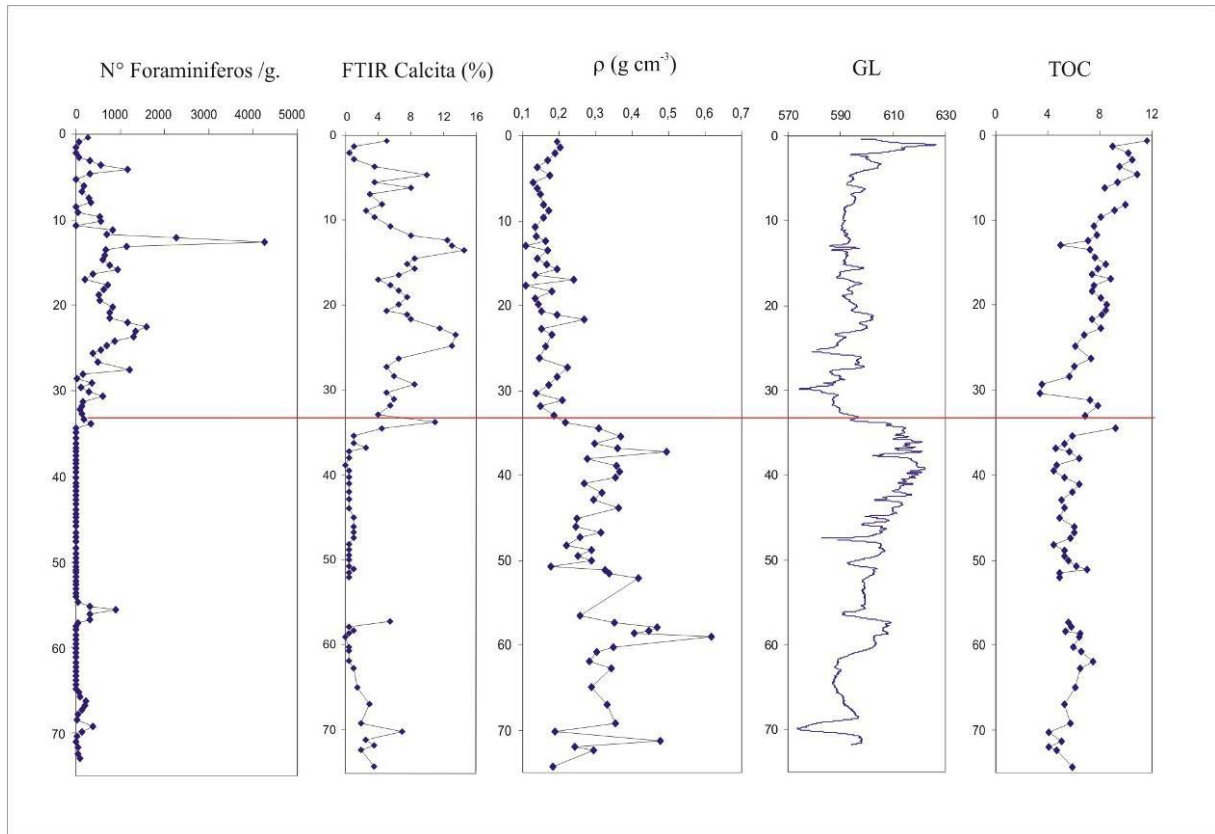
Los patrones de disolución y cambios en porcentajes de especies pueden ser relacionados con cambios en el porcentaje de carbón orgánico total (TOC) del mismo testigo (Gutiérrez et al. 2006). Mayor productividad, flujo de carbón, y su preservación resultarían en condiciones más disóxicas. Asimismo, las características sedimentológicas mostradas en el Gray Level (GL) y variaciones en el porcentaje de calcita del FTIR (Gutiérrez et al., 2006) también guardan relación con la presencia o ausencia de testas calcáreas (Fig.2). Estas relaciones multiproxies sugieren un gran cambio centenal de la biogeoquímica de la Corriente del Humboldt mostrando para los últimos 150 años una intensificación del sistema de upwelling e incremento de la producción primaria.

## CONCLUSIONES

- El Box core de Pisco provee una señal de las condiciones biogeoquímicas de los sedimentos y columna de agua generadas durante los cambios climáticos y oceanográficos de los últimos 450 años. Las variaciones de las abundancias de foraminíferos en las secuencias sedimentarias laminadas han sido fuertemente influenciados por procesos de disolución de diferente intensidad a través del tiempo, probablemente asociados con el nivel de oxígeno intersticial. Esta diferencia de intensidad se ve reflejada en la presencia y ausencia de testas carbonatadas mostradas entre los años ~ 2002 - 1826 (Secuencia I), ~ 1826 - 1608 (Secuencia II) y ~ 1608 - 1550 (Secuencia III).
- En las secuencias de menor disolución hay cambios en la dominancia de *B. seminuda*. Cambios en % de *B. seminuda* y la equidad de la comunidad deben de reflejar cambios en el nivel de oxígeno, ya que *B. seminuda* se caracteriza por su mejor adaptación a condiciones de bajo oxígeno.
- Las variaciones de las abundancias de foraminíferos, % de calcita, TOC y Gray Level muestran un gran cambio biogeoquímico desde 1826 hacia el siglo XX con disminución de la disolución e intensificación de la ZMO relacionado a un mayor régimen de upwelling e incremento de la productividad primaria.



**Fig. 1.** Relación entre las características sedimentarias del testigo (SCOPIX y Radiografía), las secuencias de depositación de testas carbonatadas (I, II, III), abundancia de testas de foraminíferos totales y abundancia relativa de *B. seminuda*. El recuadro rojo indica la zona de slump.



**Fig. 2.** Variación de la abundancia de foraminíferos (bentónicos y planctónicos) en el Box core y su relación con el % de calcita obtenido del FTIR (Fourier Transform Infrared spectrometry), dry bulk density ( $\rho$  ( $\text{g cm}^{-3}$ )), grey level (GL) y carbono orgánico total (TOC).

## REFERENCIAS

- Bernhard, J. & Sen Gupta, B. (2000).- Foraminifera of oxygen depleted environments. En: Modern foraminifera. Kluwer Academic Publisher. Grain Britain 1999. fig. 12.6 B.
- Boltovskoy et al. (1991).- Morphological variations of benthic foraminiferal test in response to changes in ecological parameters: A review. *Journal of paleontology* 65: 175-185.
- Gutierrez, D., Sifeddine, A., Reyss, J. L., Vargas, G., Velazco, F., Salvattecí, R., Ferreira, V., L., Baumgartner, T., Boussafir, M., Boucher, H., Valdéz, J., Marinovic, L., Soler, P., Field, D., & Tapia, P., (2006).- Anoxic Sediments off Central Perú record interannual to multidecadal changes of climate and upwelling ecosystem functioning during the last two centuries. En: *Advances in Geosciences*, 6, 119 –125, 2006 Sref-ID: 1680-7359/adgeo/2006 – 6 – 119.
- Harman, RA, (1964).- Distribución of Foraminifera in the Santa Barbara Basin, California. *Micropaleontology* 10: 81-96.
- Paez, M., Zúñiga O., Valdéz, J. Y Ortlieb, L. (2001).- Foraminíferos recientes en sedimentos micrónicos de la bahía Mejillones del Sur (23°S), Chile. En: *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 36(2): 129 – 139 Diciembre del 2001.
- Resigg, J. (1990).- Benthic foraminiferal stratigraphy and paleoenvironments off Perú, Leg 112. En: *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, Vol. 112. Lam. 1, fig.1, 14-15.