

CONVENIO INGEMMET-IMARPE

INFORME DE RESULTADOS
PRESENTADO A INGEMMET

***“FORAMINÍFEROS BENTÓNICOS Y PLANCTÓNICOS
DE LA ZONA DE MÍNIMO OXÍGENO EN SEDIMENTOS
LAMINADOS FRENTE A PISCO”***

María del Carmen Morales R.

Asesor Blgo Sergio Mayor Pastor

Lima-Perú

Octubre 2007

INTRODUCCIÓN

Estudios preliminares realizados por IMARPE en el año 2003 evidenciaron en la plataforma continental frente a las costas de Callao y Pisco una secuencia de sedimentos laminados característicos de las zonas de mínimo oxígeno. Es conocido que las zonas de mínimo oxígeno son producto de circulaciones oceánicas y oxidación de materia orgánica consecuencia de una alta productividad donde se crean condiciones disóxicas que impiden la bioturbación de los sedimentos. El estudio de fósiles de escamas de peces, diatomeas, y foraminíferos así como la materia inorgánica que son preservados en estos ambientes sedimentarios han sido los proxies más utilizados para la reconstrucción de los cambios climáticos y ecológicos en los últimos cientos y miles de años partiendo de la suposición de que las relaciones ecológicas de estos organismos con su entorno, observadas en la actualidad, fueron similares durante todo el Holoceno.

El estudio "*FORAMINÍFEROS BENTÓNICOS Y PLANCTÓNICOS DE LA ZONA DE MÍNIMO OXÍGENO EN SEDIMENTOS LAMINADOS FRENTE A PISCO y CALLAO*" tiene por fin analizar las poblaciones de foraminíferos contenidos en testigos de box core colectados de la zona de mínimo oxígeno una frente a las costas de Pisco a 299 m.b.n.m. y la segunda frente al Callao a 200 m.b.n.m. con el objetivo de realizar una caracterización cualitativa y cuantitativa de la fauna de foraminíferos bentónicos y planctónicos concentrados en los niveles de sedimentos laminados, que nos permita conocer los parámetros de oxigenación paleoproductividad, temperatura y salinidad que afectaron el sistema oceanográfico en ese entonces. El presente informe corresponde al estudio de foraminíferos del box core de Pisco y muestra los resultados obtenidos de la identificación taxonómica, conteo de foraminíferos bentónicos y planctónicos y sus relaciones con los resultados de otros proxies tales como análisis FTIR, SCOPIX e isótopos de O y C.

Se han estudiado 136 submuestras de sedimentos tamizados en el rango 125-355 μm . y 91 muestras de + 355 μm . determinándose 36 especies bentónicas y 14 especies planctónicas. Para el proceso de conteo todos los especímenes bentónicos y planctónicos encontrados en cada submuestra fueron contados. Llegando a presentar las concentraciones mas altas hasta 10,000 ejemplares de *Bolivina seminuda*. Para los análisis de isótopos de ^{18}O y ^{13}C en testas, se separaron 35 muestras de *Bolivina seminuda* (3, 500 especímenes).

Esta investigación se esta llevando a cabo en el marco del Proyecto Paleopeces¹; "Registros Paleoceanográficos de Alta Resolución en los Sedimentos de la Zona de Mínimo Oxígeno del Perú Central" el cual tiene por objetivo la reconstrucción de la variabilidad del ambiente y del ecosistema de surgencias durante los últimos 200 años

¹ El Proyecto Paleopeces es un programa de investigación internacional multidisciplinario a cargo de IMARPE donde tienen participación instituciones tales como: INGEMMET, UR Paleotropique, Institut de Recherche pour le Développement, IRD, Bondy, France, Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Ensenada BCS, México, Institut des Sciences de la Terre (ISTO), Université de Orléans, France, Laboratorio de Sedimentología y Paleoambientes, Universidad de Antofagasta, Chile, UR LOCEAN, Université Paris VI/IRD/CNRS, France, Fisheries Resources Division, Southwest Fisheries Science Center, La Jolla, USA y el Laboratorio de Palinología y paleobotánica, Universidad Peruana Cayetano Heredia, Perú. Mediante esta cooperación se ha llevado a cabo análisis de microfósiles, orgánicos, mineralógicos e isotópicos.

mediante una aproximación multiproxi y espera conocer los factores que determinan la abundancia de anchoveta en escalas mayores a los eventos El Niño.

Los análisis de isótopos estuvieron a cargo del Dr. David B. Field del Fisheries Resources Division, Southwest Fisheries Science Center.

MATERIALES Y MÉTODOS

En Mayo del 2003 un crucero exploratorio de IMARPE a bordo del R/V Olaya colecto las primeras muestras de sedimentos laminados entre las costas de Pisco y Callao a 300 y 200 m.b.n.m. obteniéndose los sedimentos más laminados frente a Pisco entre los 200 y 300 mbnm, área localizada en el principal centro de upwelling del Perú y la zona de mínimo oxígeno (Gutierrez et al 2005). Así fue como en Mayo del 2004 en un segundo crucero se colecto frente a las costas de Pisco a los $14^{\circ}07.86'S$ y $76^{\circ}30.14'W$, con un Soutar Box Core la muestra B0405-6 a 299 mbnm. (Fig 1)

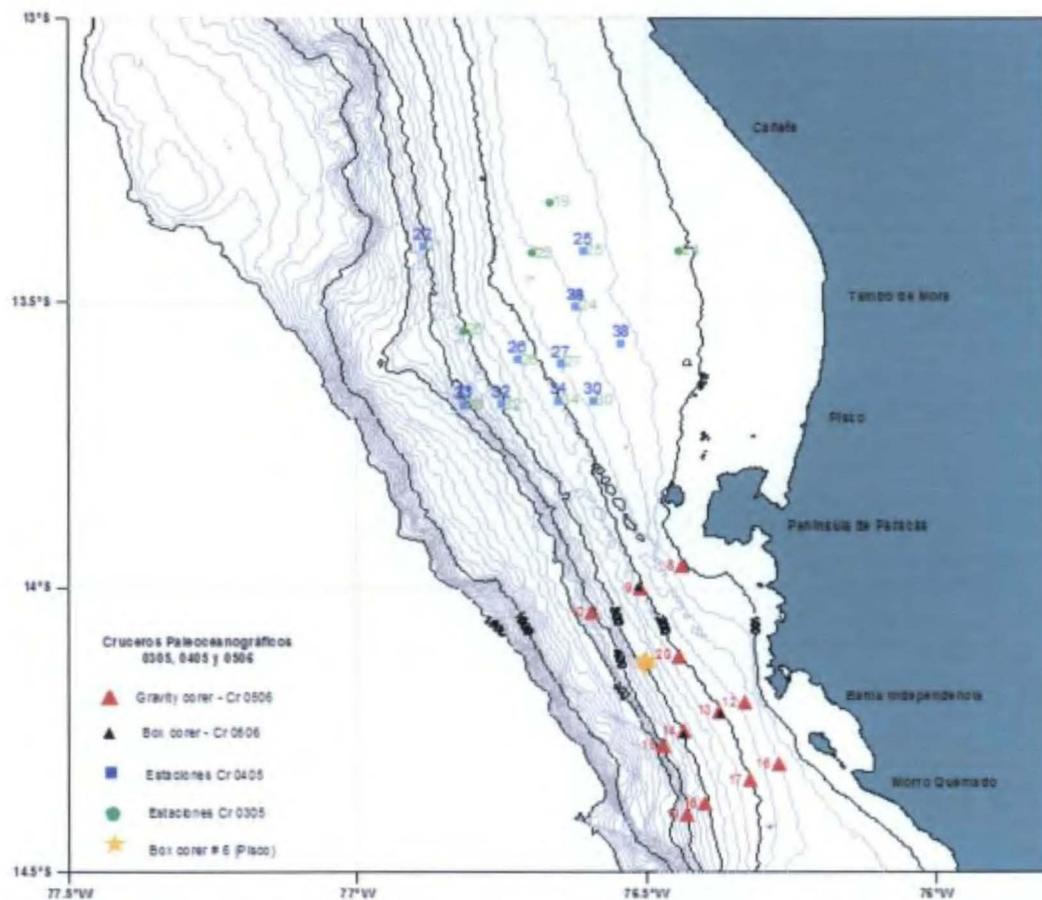


Fig. 1. Mapa de ubicación de las estaciones del crucero paleoceanográfico de Mayo del 2004

El testigo fue inicialmente almacenado en frío en los laboratorios de IMARPE

Para el submuestreo el testigo fue dividido y cortado longitudinalmente en 6 losas I, II, III, IV, V y VI y transversalmente en tres bloques A, B y C, Las losas V y II con ancho teórico de 1 cm. fueron destinadas para radiografía analógica de rayos X y radioscopia digital de Rayos X de alta resolución (SCOPIX). La loza II además fue utilizada para estimaciones de cronología en base a ^{210}Pb y las losas VI y III de 2.5 cm de ancho utilizadas para estudio de espectroscopia de infrarrojos (FTIR) y estudio micropaleontológico por foraminíferos, escamas y diatomeas.

Los procesos de submuestreo y preparación para estudio micropaleontológico se realizaron en el Laboratorio de Geología Marina de IMARPE. Los estudios cualitativos y cuantitativos se realizaron en INGEMMET.

Para el estudio micropaleontológico se empleó el estéreomicroscopio Zeiss Stemi 200-C con cámara digital incorporada Sony Cyber-Shot 3.3 megapíxeles. La determinación taxonómica de las especies se realizó en base a la clasificación de Loeblich y Tappan. (1988), literatura especializada y bajo la asesoría del blgo. Sergio Mayor Pastor de IMARPE.

PROCEDIMIENTOS

1).- Submuestreo: Para la obtención de cada submuestra se cortó la losa según la estratigrafía de las laminaciones, con espesor variable entre 0.25 y 0.8 cm. (Fotog. 1), cada disección (intervalo) se colocó en una Placa Petri debidamente rotulada con la nomenclatura de la losa. Se obtuvieron 136 submuestras.

2).- Pesado de las submuestras: peso de la Placa Petri vacía y el peso de la Placa Petri más la submuestra.

3).- Se vertió la muestra en un beaker de precipitado de 600 ml. y se calentó sobre una plancha debidamente regulada entre 40 y 50° C por 3 minutos, luego se añadió 30 cc de peróxido de hidrógeno al 15% y pirofosfato y se calentó nuevamente la muestra por otros 3 minutos y agitando un poco para homogenizar la muestra.

4).- El sedimento así tratado se lavó con agua corriente utilizando los tamices 355, 125 y 63 μm . los residuos obtenidos de los tamices 125 y 63 μm . fueron filtrados con filtro Whatman N° 1 de 15 cm. de diámetro y se dejaron secar en un horno regulado a 40° C por el promedio de una hora. Por último se retiraron los residuos del filtro y se vertieron en un frasco rotulado, quedando el material listo para el análisis microscópico.



Fotog. 1.- Proceso de submuestreo; vista de la losa, corte según laminaciones y obtención de la submuestra en la Placa Petri.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

MICROFACIES, COMPOSICIÓN Y RELACIONES CON OTROS PROXIES

El testigo se caracterizó por presentar una sucesión continua de interlaminaciones milimétricas verde olivo y gris, bien preservadas y sin evidencias de bioturbación o retrabajo.

Estas estructuras sedimentarias han sido reportadas y documentadas por Radiografía Analógica de Rayos X y Radioscopia digital de Rayos X de alta resolución revelando pares de láminas gris oscuro y gris claro. Las láminas gris claro están constituidas por material detrítico terrígeno, las láminas gris oscuro son menos densas y están constituidas por sílice biogénica (Gutierrez, et al, 2005)

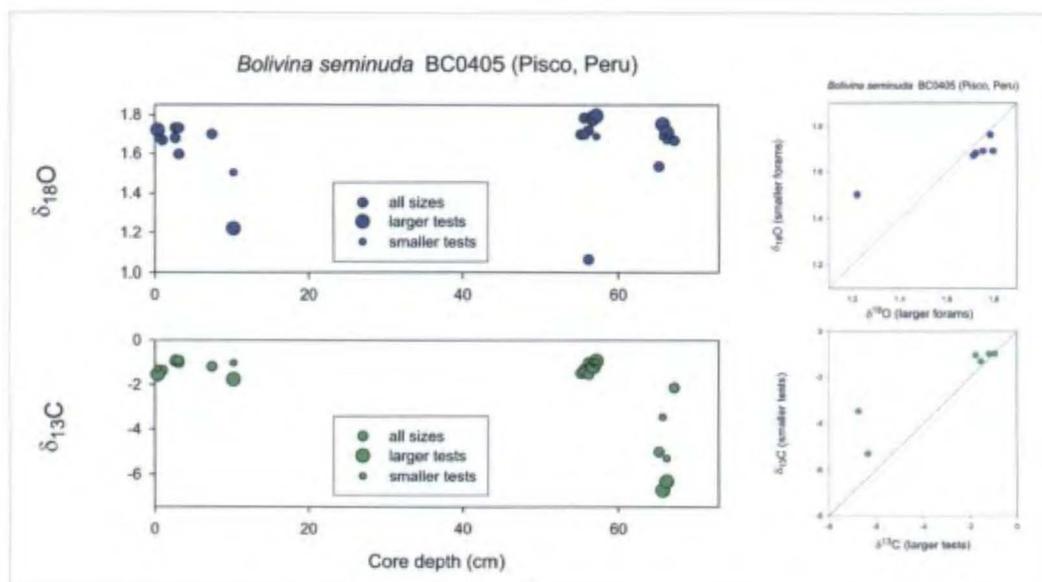
De la parte inferior a media del testigo se observan finas laminaciones. Entre los 64 y 61 cm se observa una congruencia con los cambios sedimentarios del SCOPIX y la ausencia de testas de foraminíferos (Intervalo II), de los 55.6 a 51.6 cm de profundidad las intercalaciones subhorizontales se ven interrumpidas por un slump. Desde los 53 hasta los 34 cm se tiene una marcada ausencia de testas de foraminíferos calcáreos, observándose algunos niveles con aglutinados, este intervalo también es correlacionable con los cambios del SCOPIX (Intervalo IV). De los 34 cm hacia arriba se observa cambio en la secuencia dominando gruesas laminaciones horizontales a subhorizontales (intervalo V) y una mayor ocurrencia de testas (Fig. 2).

Los análisis FTIR² realizados para cuantificar las relativas variaciones de las concentraciones de los minerales muestran contenidos de cuarzo que van desde 1 hasta 11.5% y calcita desde 3 hasta 18% Surge la hipótesis de que los intervalos II y IV podrían tratarse de dos fases de disolución, las cuales son correlacionables con el registro de calcita que evidencia una fuerte disminución de carbonatos en un promedio de 5% a partir de los 34 cm. hacia la base (Fig. 2). En estos intervalos las testas afectadas tienen una morfología conspicua; con suturas profundas y costillas agudas. En la Fig 6, 2b se observa un ejemplar de *Bolivina seminuda* con la testa perforada.

Cabe señalar además que el slump mencionado arriba ha sido datado del año 1746 mediante ²¹⁰Pb el cual indico un ratio de sedimentación de 2.2 mm y¹.

En los resultados iniciales de los análisis isotópicos realizados en las testas de *Bolivina seminuda* hay observaciones importantes. Las testas seleccionadas en el laboratorio de INGEMMET para análisis de ¹⁸O y ¹³C estaban comprendidas en el rango de la fracción 125 – 355 µm y fueron posteriormente reagrupadas por el Dr. David Field en función de la variación de su tamaño dentro de este rango. Este reagrupamiento presento compensaciones conocidas, mostrando la tendencia de las testas grandes hacia los valores más pesados o más cerca al equilibrio de $\delta^{18}\text{O}$, lo cual no fue el caso para $\delta^{13}\text{C}$ donde los valores (hacia la base del box core) son más ligeros que -4 , -6 lo cual podría reflejar escapes de metano, como se ha observado en cambios de $\delta^{13}\text{C}$ en la cuenca de Santa Bárbara durante acontecimientos Daansguard-Oeschger, sugiriendo que son valores importantes que deben seguirse analizando.

² Los análisis FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) han sido realizados por el UR Paléotrope, IRD, Bondy , France



Variación del $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^{13}\text{C}$ a lo largo del Box core en testas de *Bolivina seminuda*

ESTUDIO MICROPALAEONTOLÓGICO

Se realizó la clasificación taxonómica de las especies y se determinó su abundancia a través del testigo reconociendo asociaciones.

El estudio cualitativo de foraminíferos a lo largo del testigo reveló la presencia de 5 intervalos; tres intervalos con presencia de depósitos de testas de foraminíferos bentónicos y planctónicos (Intervalos I, III y V) intercalados con dos intervalos; uno de escasa presencia (Intervalo IV) y el segundo con ausencia de depósito (Intervalo II). La duración de los intervalos es variable siendo el más reciente el de mayor duración (Intervalo V).

Se determinaron 36 especies bentónicas (de las cuales una especie es aglutinada el resto son calcáreas) y 14 especies planctónicas. Entre las especies asociadas tenemos; 5 especies de radiolarios y 4 de diatomeas indeterminadas. A partir de los 12.6 cm. hasta los 30.6 cm. se presenta una escasa y esporádica fauna de micromoluscos.

Las abundancias totales de foraminíferos bentónicos excedieron en aproximadamente dos órdenes de magnitud a las de los planctónicos observándose una cierta sincronía en la ocurrencia de ambos grupos a lo largo del testigo. Las agrupaciones de foraminíferos bentónicos presentan mayores dominancias que las de planctónicos (Fig 3). Sin embargo, una comparación de ambos grupos desde el punto de vista comunitario estaría fuertemente sesgada por tratarse de depósitos con diferentes potenciales de disolución y sujetos a diferentes condiciones de transporte y sedimentación.

Se han organizado tres agrupamientos de especies, bajo el criterio de secuencia temporal en los intervalos mencionados; la primera asociación dominada por la presencia de *Bolivina seminuda* - *Pseudoparrella* sp.- *Globigerina bulloides*

(intervalos I y V), la segunda dominada por *Bolivina seminuda* - *Bolivina plicata* - *Globigerina bulloides* (intervalo III) y la tercera dominada por *Pseudoparrella sp.* - *Bolivina seminuda* - *Globigerina quinqueloba* (intervalo V) (Fig. 4). La presencia de *Bolivina seminuda* en estas asociaciones sugiere condiciones disóxicas durante el periodo depositacional de estas secuencias, esto quiere decir con rangos de oxígeno entre 1 a 0.1 m/l.

Entre las especies planctónicas se han determinado especies características de aguas tropicales a subtropicales como *Globigerina rubescens*, *Globigerinoides ruber*, y *Neogloboquadrina dutertrei*; especies de aguas subpolares a frías como *Globigerina bulloides*; subártica a frías subantárticas; *Globigerina bulloides*, *Globigerina quinqueloba* y *Neogloboquadrina pachyderma* (sinistral) y aguas frías; *Neogloboquadrina pachyderma* (dextral). *Globigerina bulloides* es una especie significativa en la asociación. Algunos autores relacionan su presencia a ambientes productivos (Brock et al., 1992; Duplessy et al., 1981; Hemleben et al., 1989; Kipp, 1976; Thiede, 1983; van Leeuwen, 1989; Zhang, 1985) donde *Globigerina bulloides* puede estar relacionada al florecimiento de fitoplancton.

Intervalo I (72-64 cm):

Asociación I: dominada por *Bolivina seminuda* - *Pseudoparrella sp.* - *Globigerina bulloides*

Abundancia máxima a los 68.4 cm de profundidad. Entre las especies asociadas tenemos:

Foraminíferos bentónicos:

Bolivina costata d'Orbigny, *Bolivina interjuncta* Cushman, *Bolivina ordinaria* Phleger & Parker, *Bolivina pacifica* Cushman & Mc Culloch, *Bolivina plicata* d'Orbigny, *Bulimina demudata* Cushman & Parker, *Buliminella subfusiformis*, *Brizalina pseudobeyrichi*, *Cassidulina limbata* Cushman & Hughes, *Cancris auriculus* (Fitchel & Moll), *Globobulimina auriculata* (Bailey), *Nonionella auris* (d'Orbigny) y *Suggrunda eckisi* Natland

Foraminíferos planctónicos:

Globigerina quinqueloba Natland, *Globigerina rubescens* Hofker, *Globigerinoides ruber* (d'Orbigny), *Globigerinita uvula* (Ehrenberg), *Globoquadrina hexagona* (Natland), *Globorotalia menardii* (d'Orbigny), *Neogloboquadrina pachyderma* (sinistral) y *Neogloboquadrina dutertrei* (d'Orbigny)

Intervalo II (63.5-58.3 cm):

Foraminíferos bentónicos:

Este intervalo presenta solamente la especie aglutinada *Labrospira (Cribostomoides) subinvolutum*, lo cual hace presumir que la ausencia de depósitos calcáreos pudiera deberse a procesos de disolución.

Foraminíferos planctónicos

Este grupo está representado por un único ejemplar de una especie no determinada.

Intervalo III (57.6-52.8 cm):

Asociación II dominada por *Bolivina seminuda* - *Bolivina plicata* - *Globigerina bulloides*

Presenta una abundancia máxima a los 54.8 cm. Entre las especies asociadas tenemos:

Foraminíferos bentónicos

En este intervalo entre los 56.1 a 57.1 cm. inmediatamente después de los niveles de slump se encuentra la mayor diversidad especiológica de bentónicos con 30 especies calcáreas. Entre las que se cuentan; *Bolivina costata* d'Orbigny, *Bolivina ordinaria* Phleger & Parker, *Bolivina pacifica* Cushman & Mc Culloch, *Brizalina pseudobeyrichi*, *Bulimina denudata* Cushman & Parker, *Buliminella subfusiformis*, *Cassidulina limbata* Cushman & Hughes, *Cancris auriculus* (Fitchel & Moll), *Cancris inflatus* (d'Orbigny), *Epistominella pacifica*, *Globobulimina auriculata* (Bailey), *Nonion sp. 1*, *Nonionella auris* (d'Orbigny), *Hoeglundina elegans*, *Nonionella stella* Cushman & Moyer, *Nonionidae ind.*, *Pseudoparrella sp.*, *Quinqueloculina sp.*, *Suggrunda eckisi* Natland, y *Uvigerina striata* d'Orbigny.

Foraminíferos planctónicos

Globigerina falconensis Blow, *Globigerina quinqueloba* Natland, *Globigerina rubescens* Hofker, *Globigerinoides ruber* (d'Orbigny) y *Neogloboquadrina dutertrei* (d'Orbigny).

Intervalo IV (52.3-34.0 cm):

Foraminíferos bentónicos

Este intervalo presenta solamente la especie aglutinada *Labrospira (Cribostomoides) subinvolutum* y podría presumirse que las condiciones en este intervalo han sido parecidas al del intervalo II.

Foraminíferos planctónicos

Este grupo está representado por un único ejemplar de una especie no determinada.

Intervalo V (33.5-0.4 cm):

Entre los 9.7 y 26.7 cm. se observan las más altas abundancias del testigo,

Asociación III dominada por *Pseudoparrella* sp. - *Bolivina seminuda* - *Globigerina quinqueloba*

Foraminíferos bentónicos

Bolivina costata d'Orbigny, *Bolivina ordinaria* Phleger & Parker, *Bolivina plicata* d'Orbigny, *Brizalina pseudobeyrichi*, *Buliminella subfusiformis*, *Buliminella curta*, *Cassidulina limbata* Cushman & Hughes, *Cancris auriculus* (Fitchel & Moll), *Cancris inflatus* (d'Orbigny), *Globobulimina auriculata* (Bailey), *Labrospira (Cribostomoides) subinvolutum*, *Nonion* sp. 1, *Nonionella auris* (d'Orbigny), *Nonionella stella* Cushman & Moyer y *Suggrunda eckisi* Natland.

Foraminíferos planctónicos

Globigerina calida Parker, *Globigerina falconensis* Blow, *Globigerina quinqueloba* Natland, *Globigerina rubescens* Hofker, *Globigerinoides ruber* (d'Orbigny) y *Neogloboquadrina pachyderma* (dextral).

Asociación I: dominada por *Bolivina seminuda* - *Pseudoparrella* sp.- *Globigerina bulloides*

Foraminíferos bentónicos

Presenta un pico de abundancia máxima a los 12.6 cm. Entre las especies asociadas tenemos; *Bolivina costata* d'Orbigny, *Bolivina ordinaria* Phleger & Parker, *Bolivina pacifica* Cushman & Mc Culloch, *Bolivina plicata* d'Orbigny, *Brizalina pseudobeyrichi*, *Bulimina denudata* Cushman & Parker, *Buliminella curta* Cushman, *Buliminella subfusiformis*, *Brizalina pseudobeyrichi*, *Buliminella subfusiformis*, *Cassidulina limbata* Cushman & Hughes, *Cancris inflatus* (d'Orbigny), *Cancris auriculus* (Fitchel & Moll), *Epistominella pacifica*, *Globobulimina auriculata* (Bailey), *Nonionella auris* (d'Orbigny), *Nonionella stella* Cushman & Moyer, *Labrospira (Cribostomoides) subinvolutum*, *Uvigerina striata* d'Orbigny y *Suggrunda eckisi* Natland.

Foraminíferos planctónicos

Presenta una abundancia máxima a los 15.3 cm. En este intervalo se suceden agrupamientos de especies dominados por el género *Globigerina*, entre las cuales están *Globigerina bulloides* d'Orbigny, *Globigerina quinqueloba* Natland, *Globigerina rubescens* Hofker, *Globigerina falconensis* Blow y, *Globigerina calida* Parker, entre otros géneros tenemos; *Globoquadrina hexagona* (Natland) y *Neogloboquadrina dutertrei* (d'Orbigny),

La ocurrencia y abundancia absoluta de las principales especies en cada submuestra se presentan en las Fig. 5 y 6.

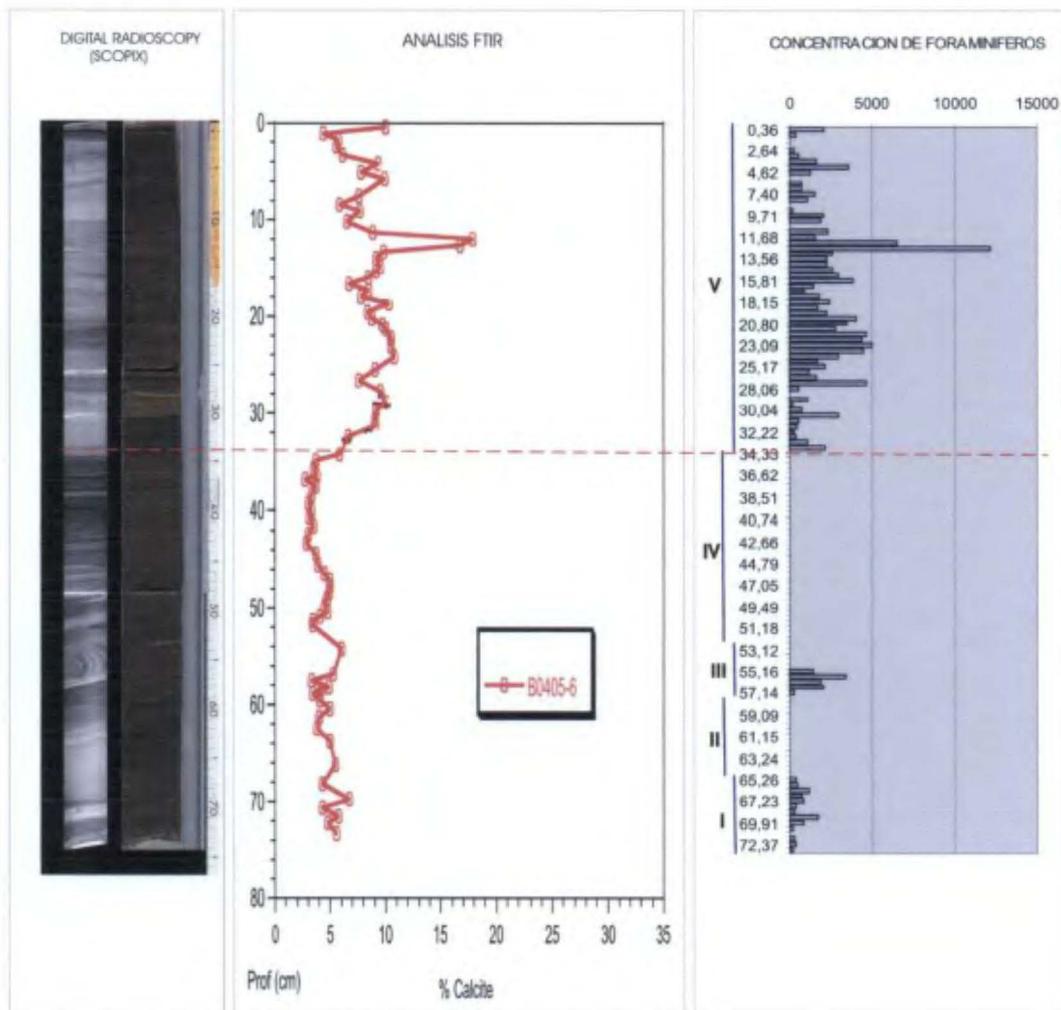


Fig. 2. Relaciones entre los intervalos de abundancia I; II, III, IV y V, el FTIR de calcita y el SCOPIX. Grey level.

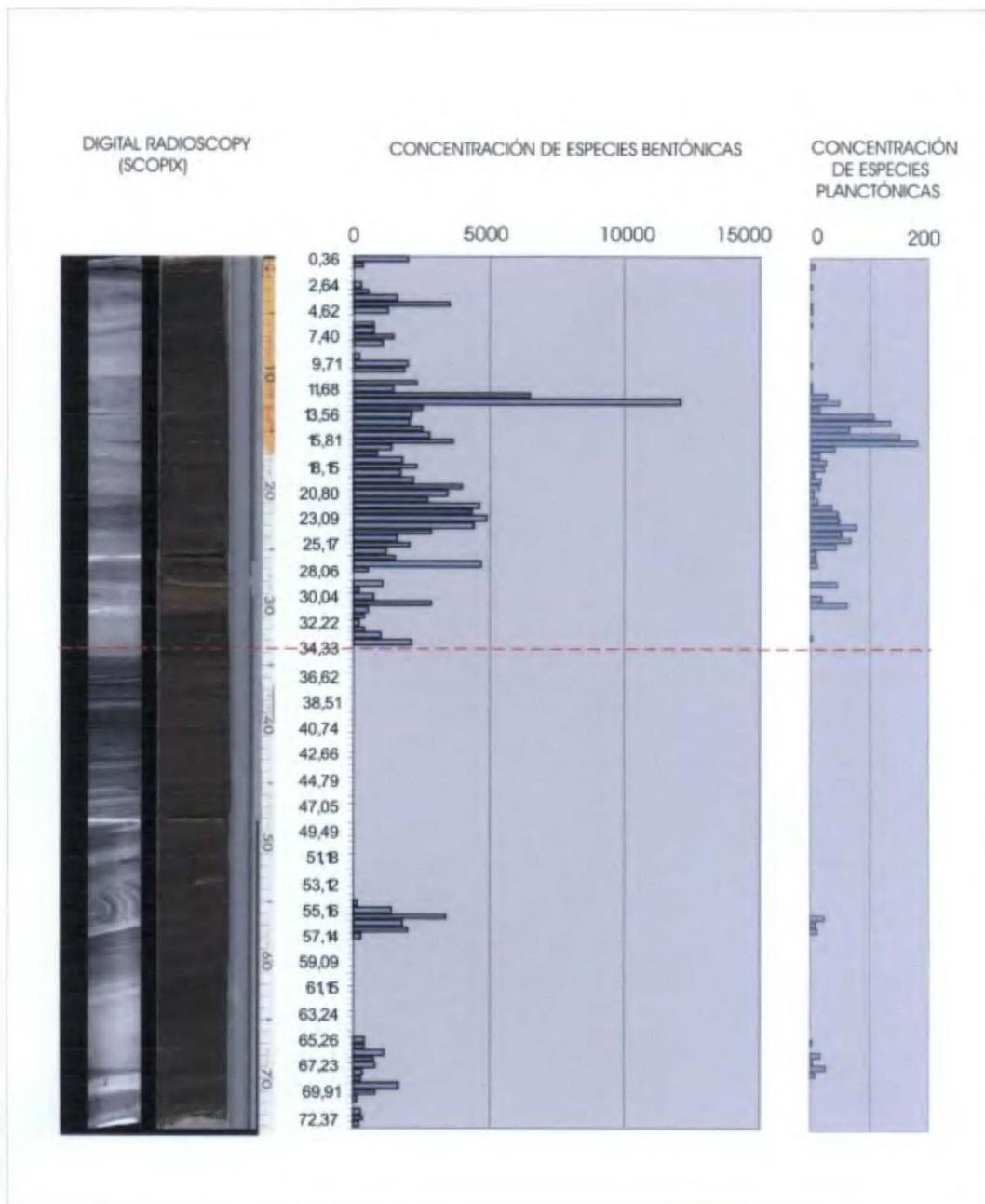


Fig. 3.- Fluctuaciones en la abundancia de foraminiferos bentónicos y planctónicos versus la profundidad y sus relaciones con la radioscopia digital del testigo.

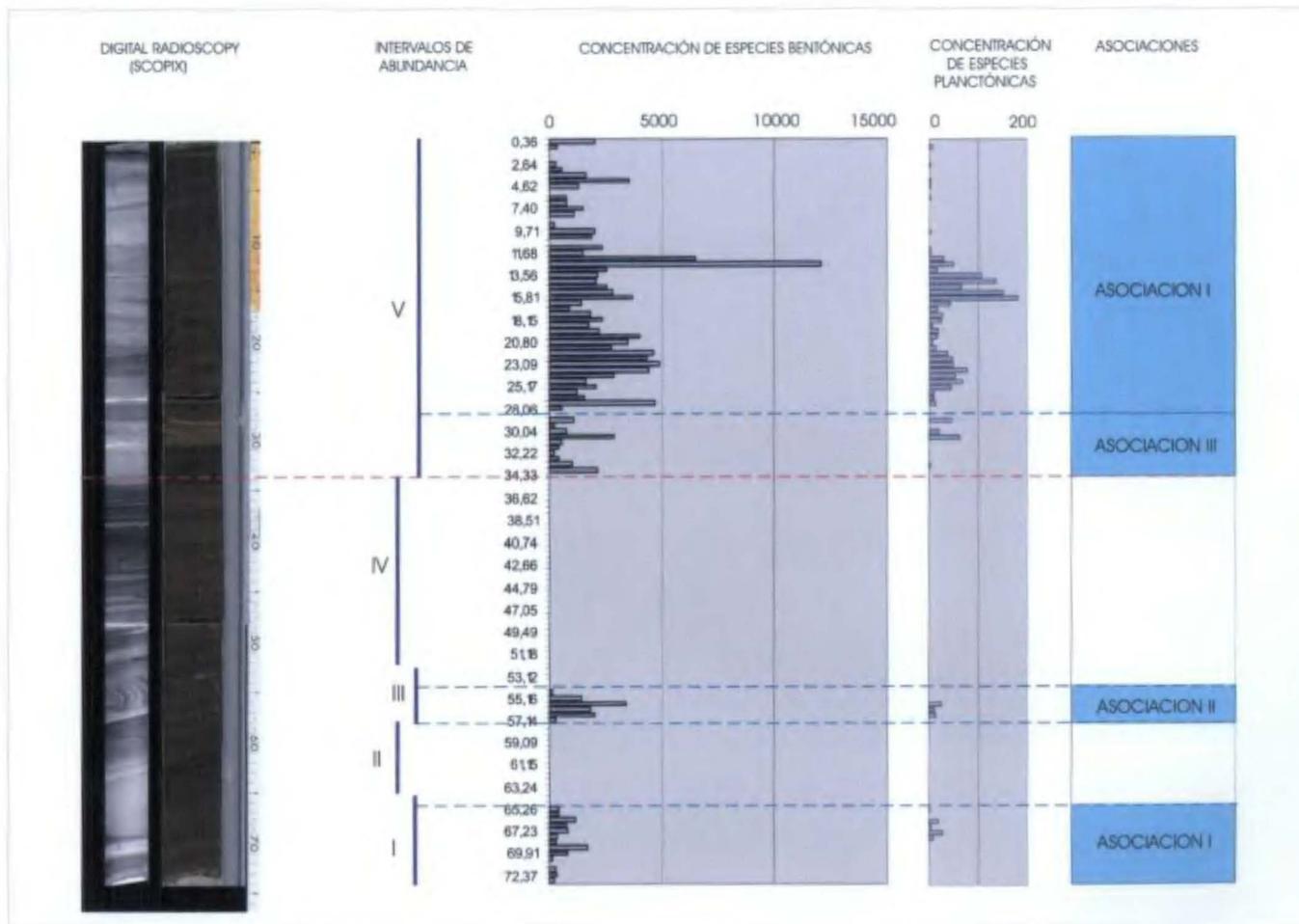


Fig.4.- Relación entre los intervalos de abundancia y las asociaciones reconocidas

CONCENTRACION DE LOS PRINCIPALES TAXAS DE FORAMINIFEROS PLANCTONICOS

BOX CORE B0405-6
 LOSA VI
 PISCO

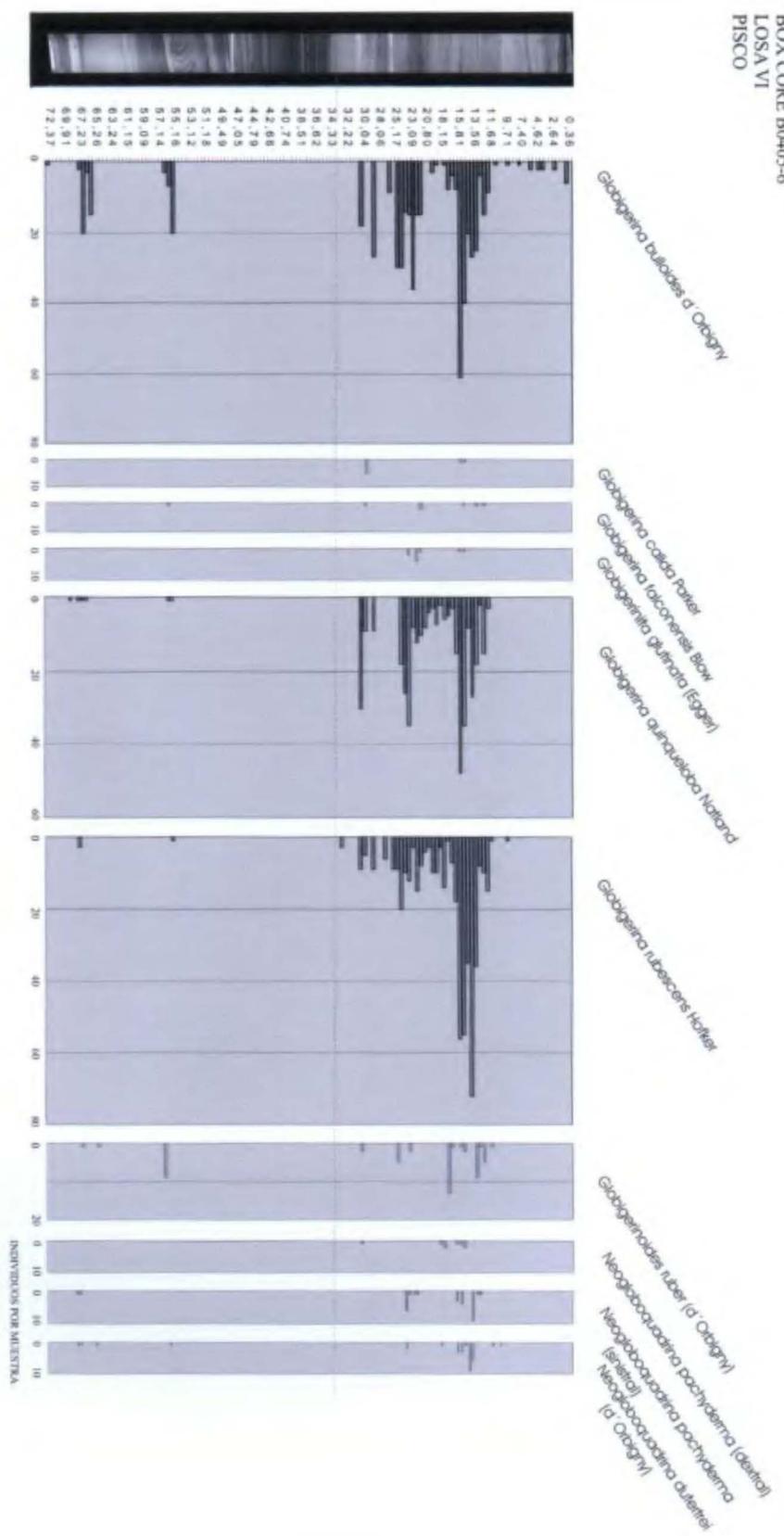


Fig.6

FORAMINÍFEROS BENTÓNICOS

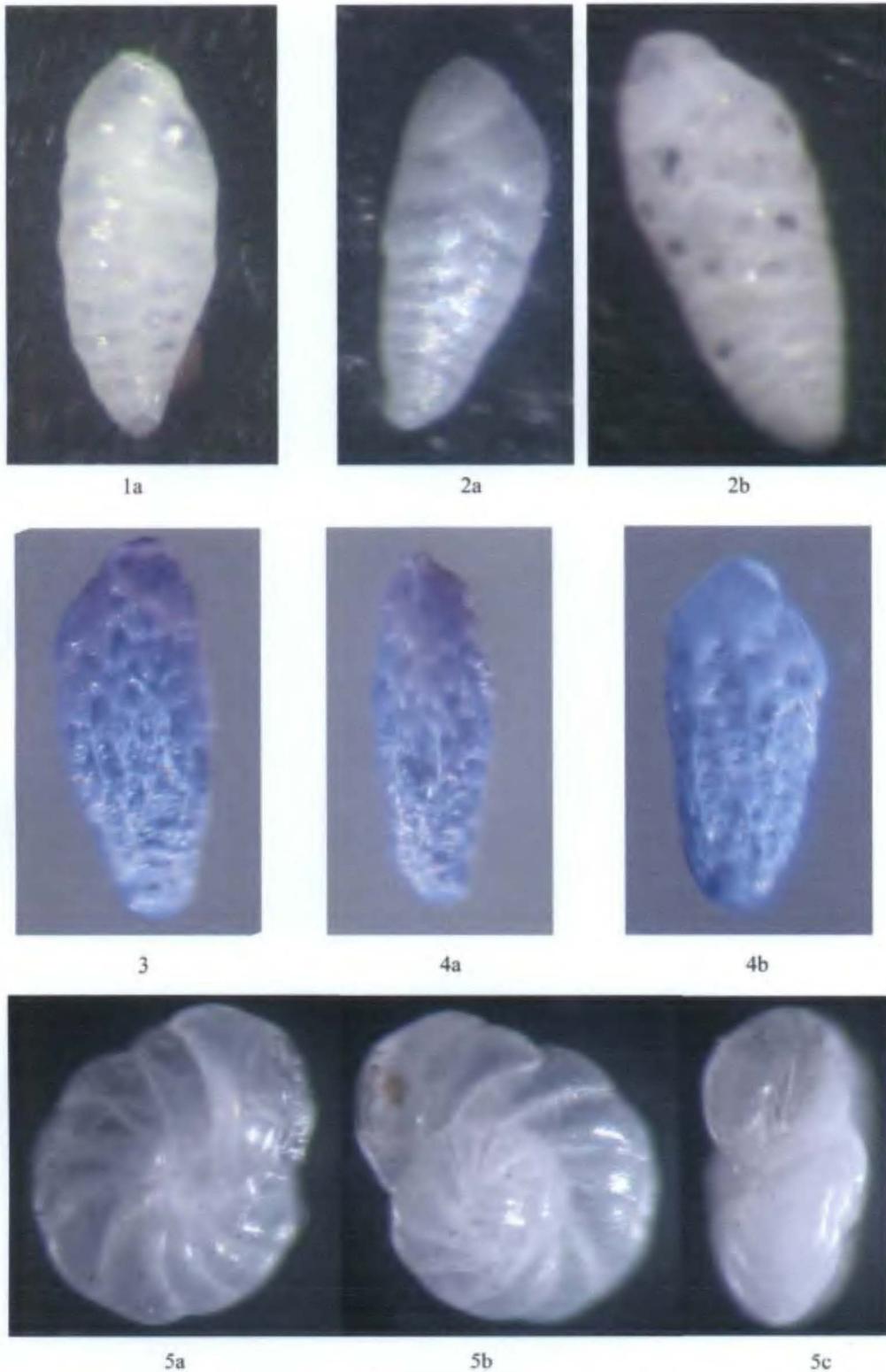


Fig. 7. 1, -*Bolivina seminuda* Cushman var. *humilis* Cushman and McCulloch (muestra B0405-6-CVI-67i) 2a, b.-*Bolivina seminuda* Cushman (muestra B0405-6-CVI-67h). 3, 4a, b.- *Bolivina plicata* d'Orbigny(muestra B0405-6-CVI-67h). 5a, b, c. - *Pseudoparrella* sp. (B0405-6-BVI-67h)

FORAMINÍFEROS BENTÓNICOS



1a

1b

1c



2a



2b



3a



3b

Fig. 8.- 1a, b, c.-*Brizalina pseudobeyrichi* (muestra B0405-6-CVI-67i) 2a, b.-*Nonionella auris* (d'Orbigny) (muestra B0405-6-CVI-67i). 3a, b.- *Labrospira (Cribostomoides) subinvolutum* (muestra B0405-6-CVI-1)

FORAMINÍFEROS PLANCTÓNICOS

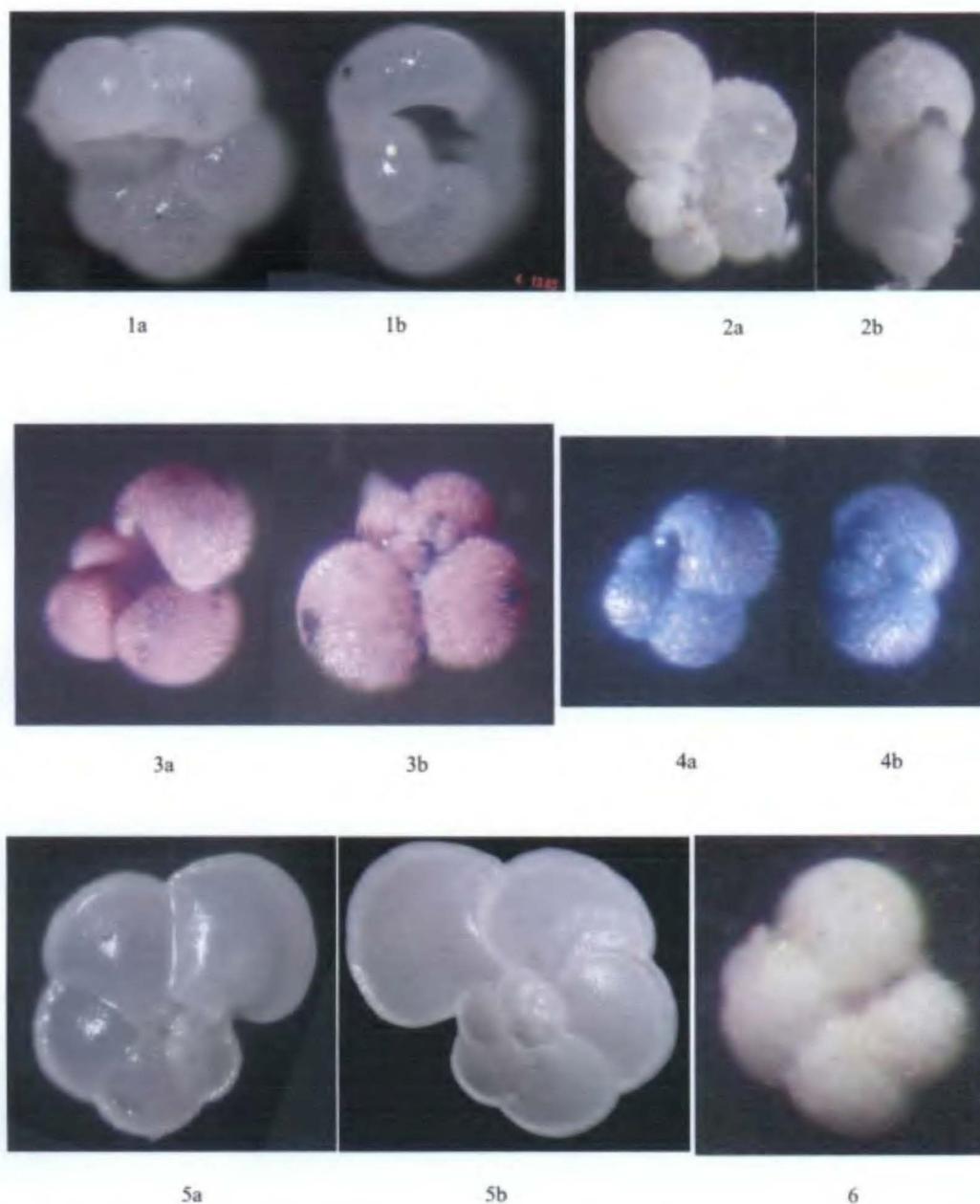


Fig. 9.-. 1a, b.-*Neogloboquadrina dutertrei* (d'Orbigny) (muestra B0405-6-BVI-36b). 2a, b.- *Globoquadrina hexagona* (Natland) (muestra B0405-6-CVI-79a). 3a,b.- *Globigerina bulloides* d'Orbigny (muestra B0405-6-CVI-67i). 4a, b. - *Globigerina rubescens* Hofker. 5a, b. *Globorotalia menardii* d'Orbigny (muestra B0405-6-BVI-37a). 6.- *Neogloboquadrina pachyderma* (*sinistral*) (muestra B0405-6-CVI-78b)

TAXAS ASOCIADOS

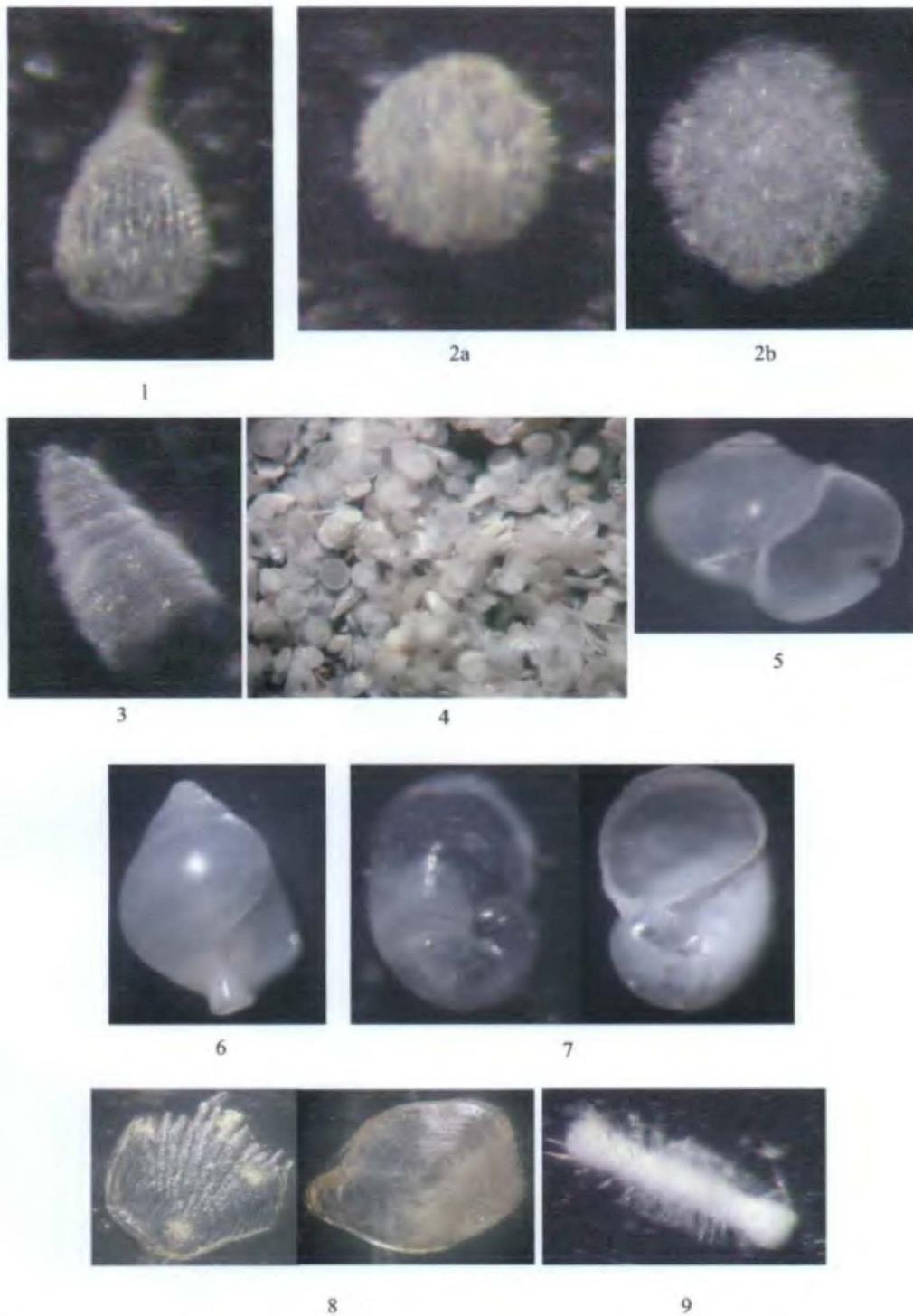


Fig. 10. - 1, 2a, b, 3.- radiolario ind. (muestra B0405-6-CVI-368b). 4.- diatomeas centrales
 5.- Turbinido ind. ? (muestra B0405-6-BVI-37b). 6.-Columbelido ind. ? 7.- Archaeogasteropodo ind ?
 (muestra B0405-6-BVI-36b). 8.- escamas. 9.- Indeterminado.

BIBLIOGRAFÍA

BERNHARD, J. & BARUN, K 1994.- Foraminifera of oxygen depleted environments. En: Modern foraminifera. Kluwer Academic Publisher. Grain Britain 1999. fig. 12.6 B.

BOLTOVSKOY, E. & THEYER, F. 1970.- Foraminíferos recientes de Chile Central. En: Revista de l Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia" E Instituto Nacional de Investigación de las Ciencias Naturales. BB. AA. tomo II, n° 9. Lam. IV, fig.8, 23. Lam. VI, fig. 1, 3, 5, 8.

CUSHMAN, J. & McCULLOCH, I. 1942 .- Some Virguliniinae in the collections of the Allan Hancock foundation. En: Allan Hancock Pacific Expeditions. The University of Southern California Press, Los Angeles California. Vol. 6, n° 4. Lam 26, fig. 1-6, Lam. 25, fig. 14

GOODDAY , Andrew 2003.- Benthic foraminifera (Protista) as tools in deep water Palaeoceanography: Environmental influences on faunal characteristics. En Advances in marine biology. Vol 46. fig. 2, C.D. Fig. 3, A.

GUTIERREZ et al, 2005.- Anoxic sediments off Central Peru record interannual to multidecadal changes of climate and upwelling ecosystem functioning during the past few centuries.

INGLE, J & KOLPACH, R 1980.- Benthic foraminiferal biofacies, sediments and water masses of the southern Perú-Chile Trench area southeastern Pacific Ocean. En: Micropaleontology. 1980, Vol 26, n° 2 . lam. 1 fig. 5, 10-12, lam 2 fig. 11, lam. 3 fig. 7-9.

MAYOR, Sergio 1998.- Foraminíferos calcáreos bénticos de la plataforma continental del norte peruano. En: Inf. Instituto Mar del Perú. N° 136. Agosto 1998. fig. 7, a, b, f, h.

RESIG, Johanna, 1981.- Biogeography of benthic foraminifera of northern Nazca plate and adjacent continental margin. En: Geological Society of America Memoir 154, 1981. lam. 1, fig. 1, 2, 3,4, lam 2, 7, 8

RESIG, Johanna, 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

SMITH, Patsy 1963.- Quantitative and qualitative analysis of the family Boliviniidae. Recent foraminifera of central America. En Geological Survey Professional Paper 429-A.