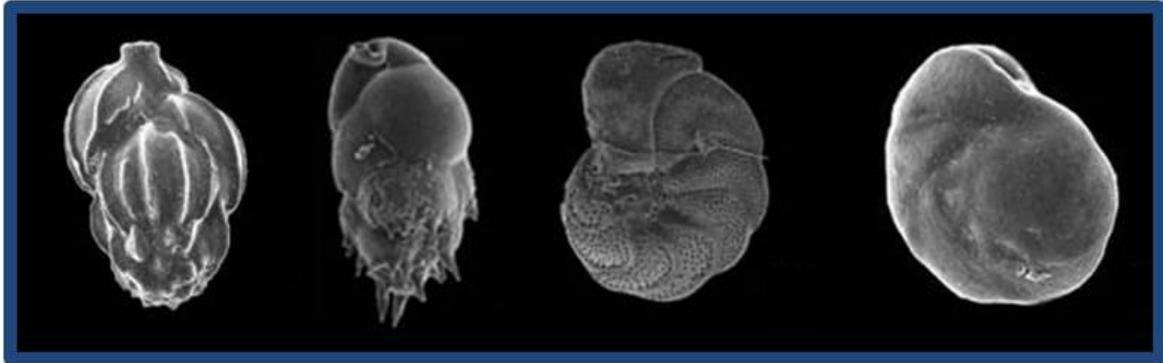


**PRODUCTIVIDAD MARINA EN EL MARGEN CONTINENTAL
URUGUAYO- ATLANTICO SUROCCIDENTAL. UN ANÁLISIS
MULTIPROXIE.**



Loreley Cibils, Licenciatura en Ciencias Biológicas Facultad de
Ciencias, UdelaR, Profundización en Oceanografía

Orientadora: Dra. Leticia Burone

Tribunal: MSc. Mónica Gómez, Dr. Leonardo Ortega y Dra. Leticia Burone.

Montevideo, Uruguay

Julio 2016

AGRADECIMIENTOS

Dedico esta Tesis a mis padres Jorge y Sandra. Seguimos navegando...

Quiero agradecer a mi orientadora Leticia Burone por guiarme y apoyarme durante el transcurso de la preparación de mi tesina de grado, por enseñarme todas las técnicas necesarias, así como por la información brindada durante este tiempo. Gracias por tu paciencia y buena onda. Al tribunal Mónica Gómez y Leo Ortega por sus valiosas correcciones y aportes para este trabajo, así como también por su buena disposición. En particular, Leo estuvo muy presente en mis inicios abriéndome las puertas en DINARA. También a Fabrizio Scarabino por permitirme colaborar en instancias de campo y laboratorio.

A todos los docentes del piso 10, Felo, Pablo, Alicia, Mónica, Otolito, Natalia, Angel y Ernesto por enriquecerme del conocimiento oceanográfico en todas sus ramas y por brindarme la oportunidad en varias instancias de colaborar, trabajar y aprender juntos. A las chicas "forams" Vivi, Cami y Paula por compartir sugerencias, conocimiento y entusiasmo durante este tiempo. A todos mis compañeros y amigos del piso 10, Viviana, Noelia, Adriana, Analía, Andrea, Anita, Cami, Caro Bueno, Caro Segura, Noé, Karen, Carito Cuña, Marisa, Laurita, María Elena, Nuria, "el Gurdek", Marcel y Matías, gracias a cada uno por ser parte de este camino que recorrimos juntos, por sus palabras de aliento, por los momentos de alegría, por los momentos de largas charlas e intercambio de ideas muy valoradas. Al perro Wilson! por sus grandes anécdotas y aventuras muy graciosas que formaron parte de algunas tardes en el piso 10. A Laurita, Caro Cuña, camí, Nuria y vivi por sus valiosos aportes y sugerencias en este trabajo. A la ANII por su financiamiento en mi proyecto de investigación.

Quiero agradecer muy especialmente a Guille, mi mejor amigo y compañero de vida por su gran apoyo, paciencia, por su gran don de aguantarme la cabeza en los momentos más difíciles, por sus valiosísimos aportes y sugerencias, así como por la ayuda brindada en todo momento, gracias por estar ahí siempre amor.

A mis viejos por enseñarme todo lo que soy y más. Gracias por enseñarme todos los valores que hoy son parte de mi vida y a no tener miedo a vencer obstáculos ya que después de una gran prueba de sacrificio y enseñanza siempre hay otra esperando, porque nunca dejamos de aprender, gracias por confiar en mí. A mis hermanos queridos, Denis, Mercedes y Juan por confiar en mí también, por las charlas inspiradoras en los momentos desmotivantes, gracias por darme siempre para adelante. A mis suegros Jorge e Isabel por su gran apoyo incondicional siempre, gracias de todo corazón por ser parte de este camino y por desearme lo mejor durante este tiempo. A mis cuñados Lucía, Pepo y Santiago, Gracias por estar ahí y ser parte de este gran esfuerzo.

A mi tía Lilian, mi prima Lil y Hugo por creer que se puede, por su ayuda y sus palabras tan alentadoras, gracias por estar ahí siempre también. A mi abuelo Juan por ayudarme mucho a salir adelante en la carrera y por sus gratos momentos de compañía. A mi abuela Cecilia por sus palabras sinceras y amorosas. A todos mis compañeros y amigos de Reiki, gracias por sus sabias e inspiradoras palabras. A Paula y Cristina por su importante ayuda siempre y sus buenas palabras de aliento.

A todos mis amigos de El Pinar y de la vida, Pato, Marcelito, Mari, Diego, Esme, Isa Nogueira, Gastón, Martín, Fernando y Lu, gracias a todo ellos por estar siempre durante todo este proceso, por sus buenos consejos y su buena compañía.

También quiero agradecer a muchas personas que fueron y son parte de este camino porque como alguien dijo por ahí, nadie es una isla y muchas personas fueron realmente importantes también en este camino, gracias a todos y cada uno de ellos por compartir este proceso y ser parte de este resultado tan importante para mí.

FIGURAS

Figura 1: Modelo TROX adaptado de Jorissen <i>et. al.</i> , 1995.....	20
Figura 2: Esquema de la circulación regional de la plataforma continental del Atlántico sudoccidental y el talúd.....	23
Figura 3: Área prospectada en la campaña 0110 a bordo del B/O Miguel Oliver.....	27
Figura 4: Relación entre el porcentaje (%) de la fracción arena (izq.) y (limo + arcilla) (der.) en función de la profundidad del BC56 (cm).....	33
Figura 5: Relación entre la concentración de los elementos Ba, Al, Ca, Fe, P y Ti (mg/Kg) con la profundidad del BC56 (cm).....	34
Figura 6: Relación entre los valores de las razones de Ba/Ti, Fe/Ca y Ti/Ca con la profundidad del BC56 (cm).....	35
Figura 7: Relación entre los porcentajes de CaCO ₃ , C _{org} y N _t con la profundidad del BC56 (cm).....	36
Figura 8: Relación entre los valores de $\delta^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, C _{org} y N _t con la profundidad del BC56 (cm).....	37
Figura 9: Distribución de la densidad total de foraminíferos bentónicos (D _t . F.bentónicos) a lo largo del testigo.....	38
Figura 10: Distribución de <i>Ammoscalaria pseudospiralis</i> , <i>Angulogerina angulosa</i> , <i>Angulogerina</i> spp., <i>Bulimina marginata</i> , <i>Bulimina subulata</i> y <i>Chilostomella ovoidea</i> a lo largo del testigo.....	39
Figura 11: Distribución de <i>Cibicides</i> spp., <i>Epistominella exigua</i> , <i>Stainforthia complanata</i> , <i>Hoeglundina elegans</i> , y <i>Uvigerina bifurcata</i> a lo largo del testigo.....	41

Figura 12: Distribución de las especies de foraminíferos bentónicos clasificados como infauna y epifauna a lo largo del testigo.....43

Figura 13: Distribución de los estimadores BFHP (%) y BFOI (%) a lo largo del testigo de base a tope.....45

Figura 14: Distribución de los valores obtenidos para los descriptores biológicos, diversidad de Shannon (H'), equitatividad de Pielou (J'), y Riqueza (R') a lo largo del testigo de base a tope.....46

Figura 15: Análisis de componente principales.....48

Figura 16: nMDS indicando las relaciones de similitud entre los estratos analizados.....49

ÍNDICE

RESUMEN	7
1. INTRODUCCIÓN	9
1.1 LA PRODUCTIVIDAD MARINA Y SU IMPORTANCIA EN LOS OCÉANOS.....	9
1.2 ESTUDIOS <i>MULTIPROXIE</i>	10
1.3 PROXIES	12
1.4. GRANULOMETRÍA	13
1.5 ANÁLISIS ELEMENTAR DE LA MATERIA ORGÁNICA.....	14
1.6 RAZONES ISOTÓPICAS	15
1.7 CONTENIDO DE CARBONATO BIODETRÍTICO (CaCO ₃)	16
1.8 ELEMENTOS MENORES Y TRAZA	16
1.9 LOS FORAMINÍFEROS.....	17
1.10 MARGEN CONTINENTAL URUGUAYO	21
1.11 HIDRODINÁMICA	23
2. OBJETIVOS	27
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	27
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	27
3. MATERIALES Y MÉTODOS	28
3.1 ÁREA DE ESTUDIO	28
3.2 DATACIONES.....	29
3.3 ANÁLISIS ABIÓTICO	29
3.4 ANÁLISIS BIÓTICOS	30
4. RESULTADOS.....	33
4.1. DESCRIPCIÓN VISUAL	33
4.2. DATACIONES.....	33
4.3 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.....	33
4.4 ANÁLISIS DE ELEMENTOS MENORES Y MAYORES	34
4.5 INDICADORES GEOQUÍMICOS DE PRODUCTIVIDAD MARINA	36
4.6 INDICADORES DEL ORIGEN DE LA MATERIA ORGÁNICA	37
4.7 RESULTADOS BIÓTICOS	38
4.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	47
4.9 RELACIÓN ENTRE PARÁMETROS BIÓTICOS Y ABIÓTICOS	50

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	52
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
7. LAMINAS	70
8. ANEXOS	73
9. TABLAS	79

RESUMEN

La productividad marina puede ser definida como la absorción de carbono inorgánico disuelto y su fijación a través del proceso fotosintético en compuestos orgánicos por los productores primarios marinos. Puede ser dividida en producción primaria que ocurre en la superficie del océano y producción exportada, siendo esta la fracción de la producción primaria que es exportada hacia el océano profundo. Por tanto, existe una relación entre la productividad del agua superficial, el acumulo de carbono orgánico en el sedimento y la distribución de los foraminíferos bentónicos. Asimismo, cambios en la productividad marina tienen influencia sobre la biogeoquímica de algunos elementos traza tales como el fósforo (P), nitrógeno (N), bario (Ba), entre otros. El presente trabajo busca comprender la variabilidad de la productividad marina durante el Holoceno tardío en el margen del Atlántico Suroccidental Uruguayo a través de un análisis *multiproxie* de datos micropaleontológicos (foraminíferos bentónicos) y geoquímicos (carbono, nitrógeno, CaCO_3 , isótopos de carbono y nitrógeno, elementos menores y mayores, tamaño de grano, diámetro medio y selección) en el talud continental de la ZEE uruguaya. Los objetivos del presente estudio son: a) comprender la distribución de la microfauna en un intervalo de tiempo reciente en función de las condiciones ambientales (hidrodinámica local, características geoquímicas de la columna sedimentar) en una región considerada altamente productiva, b) seleccionar indicadores de productividad marina. Este proyecto se enmarca en el grupo de trabajo CINCYTEMA (Ciencia y Tecnología Marina) y es parte del Programa de Investigación de Aguas Profundas (PIAP) coordinado por la Dirección Nacional de Recursos Acuáticos (DINARA). Se realizó un análisis microfaunístico, sedimentológico y geoquímico de un testigo obtenido en el talud medio a una profundidad de columna de agua de 937 m (lat. $36^{\circ} 12', 48''$ y long. $53^{\circ} 04', 78''$) en la campaña 0110 realizada por el buque oceanográfico B/O Miguel Oliver en 2010. Las muestras se analizaron cada 1 cm de altura desde la superficie hasta los 26 cm de profundidad. Para cada estrato, las especies de foraminíferos fueron identificadas y cuantificadas. También fueron obtenidos los datos de Isótopos de carbono y nitrógeno ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$) y la razón C/N (origen y composición de la materia orgánica), concentraciones de Al y Ti y la razón de Fe/Ca y Ti/Ca)

(aporte terrígeno vs marino), Contenido de C_{org} ; Nt; $CaCO_3$, P, Ca y Ba; y la razón de y Ba/Ti (indicadores de paleoproductividad) y tamaño de grano y selección (energía del ambiente). Así como también la distribución de elementos mayores (Ti, Al, Fe, Ca y P) y traza (Ba) en la columna sedimentaria. Fueron evidenciados procesos longitudinales (contorníticos) y transversales (deslizamientos submarinos y transportes gravitacionales) actuando en el talud, observados a partir de la inversión estratigráfica del testigo analizado. También fueron obtenidos altos valores de la productividad marina a lo largo del testigo, congruentes con trabajos similares realizados en el área de estudio utilizando modelos tróficos y un enfoque *multiproxie*. Los análisis *multiproxie* tanto bióticos (foraminíferos) como abióticos (análisis geoquímicos) resultaron ser de gran utilidad en este trabajo y permitieron inferir características ambientales de la zona de estudio, resaltando la importancia en su utilización en los estudios de reconstrucciones ambientales.

Palabras clave: Productividad marina, *multiproxie*, foraminíferos bentónicos, plataforma y talud continental uruguayos.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 La productividad marina y su importancia en los océanos

El océano almacena cerca de 60 veces más carbono que la atmósfera y su productividad biológica juega un papel central en el secuestro del dióxido de carbono atmosférico. La productividad puede ser definida como la fijación fotosintética del carbono producida por unidad de área y por unidad de tiempo. La misma se encuentra principalmente limitada por la disponibilidad de nutrientes (nitratos, fosfatos, silicatos y elementos trazas como el hierro) así como también por la intensidad de luz (Eppley, 1980).

Los cambios en la productividad marina son uno de los principales factores que modifican la capacidad de almacenamiento de CO₂ en el océano. Los productores primarios viven en las capas superficiales del agua secuestrando y convirtiendo carbono inorgánico disuelto de la superficie del océano en materia orgánica. Parte de ésta materia orgánica se exporta y deposita en el sedimento marino de aguas profundas, donde es oxidado por la respiración heterotrófica, y luego es liberado nuevamente hacia el agua como CO₂ (Broecker y Peng, 1993). Este secuestro de dióxido de carbono (CO₂) se debe a la actividad de la llamada “*bomba biológica*” (*biological pump*) de carbono, la cual crea un flujo de materia orgánica desde la superficie hasta el interior de los océanos. De este modo, la presión parcial de CO₂ disminuye en la superficie, lo que reduce el contenido de dióxido de carbono en la atmósfera (Boltovskoy, 1959; Martins *et. al.*, 2006). La eficiencia de este bombeo depende del escape de carbono de la cadena trófica pelágica y la exportación hacia el sedimento de fondo de materia orgánica (particulada y disuelta). De este modo, el flujo de material orgánico que llega al sedimento del fondo marino tiene consecuencias directas sobre el ambiente bentónico, influyendo en la densidad, riqueza y diversidad de las especies bentónicas (Jorissen *et. al.*, 1992) así como la composición sedimentar (sedimentación pelágica vs hemipelágica).

La necesidad de comprender la interrelación entre la productividad, composición química del agua oceánica, CO₂ atmosférico y el clima es cada vez mas

importante en función del calentamiento global (Broecker, 1982). De esta forma el conocimiento sobre los mecanismos de variación de la productividad oceánica ocurrida en el pasado reciente puede contribuir para entender los patrones actuales de productividad marina. Los estudios de la paleoproductividad en los sedimentos marinos tienen como objetivo principal registrar los cambios espaciales y temporales en la producción de componentes biogénicos y la búsqueda de las causas y efectos, en particular con respecto al clima de la tierra (Broecker, 1982; Moreno *et. al.*, 2004; Martínez *et. al.*, 1999; Herguera, 2000; Serno *et. al.*, 2014; El Frihmat *et. al.*, 2015).

Herguera y Berger (1991) sugieren que en el mar profundo existe una relación entre la productividad del agua superficial, el acumulo de carbono orgánico en el sedimento de fondo y la distribución de foraminíferos bentónicos. Sugieren también que existe una relación lineal entre la tasa de acumulación de los caparazones de foraminíferos bentónicos en el sedimento ya que la producción de test sería co-variable con la productividad exportada.

1.2 Estudios *multiproxie*

Los foraminíferos responden a impulsos en el flujo de partículas orgánicas mediante el aumento de su biomasa. Se ha reconocido que existe una relación cuantitativa entre la densidad de foraminíferos bentónicos y la productividad superficial del océano, lo cual constituye uno de los mejores *proxies* (indicadores de condiciones ambientales no observables) tróficos para el flujo de carbono orgánico al fondo del mar (Altenbach, 1985, 1988, 1992; Altenbach y Sarnthein, 1989; Herguera y Berger, 1991; Linke *et. al.*, 1995; Loubere 1996; Fariduddin y Loubere, 1997; Martins *et. al.*, 2007; Burone *et. al.*, 2011, Burone *et. al.*, 2013; de Mello *et. al.*, 2014). La utilidad de los foraminíferos en reconstrucciones de la paleoproductividad y la disponibilidad de oxígeno en las aguas profundas ha llegado a ser de gran importancia en los estudios paleoceanográficos (Kaiho, 1991; Sjoerdsma and Van der Zwaan, 1992; Moodley *et. al.*, 1998; Fontanier *et. al.*, 2003). El índice BFOI (*Benthic Foraminiferal Oxygen Index*) ha sido utilizado como *proxie* para evaluar las condiciones de oxígeno en el ambiente. La utilización de este índice se basa en el principio de que los foraminíferos

bentónicos responden a cambios en la oxigenación del ambiente en el que habitan (Martins *et. al.*, 2006). Este índice proporciona información sobre las alteraciones en el contenido de oxígeno en el agua intersticial (Martins *et. al.* 2007), basándose en las frecuencias de foraminíferos indicadores de condiciones óxicas y disóxicas. Para obtener el índice BFOI se necesita primero definir las especies indicadoras así como las condiciones óxicas y disóxicas, luego se aplica la siguiente ecuación:

$$\text{BFOI} = \left[\frac{O}{O+D} \times 100 \right]$$

Donde: O y D representan el número de especies indicadoras de condiciones óxicas y disóxicas, respectivamente (Kaiho, 1994).

Los valores obtenidos para este cálculo varían entre 0 y 100, por lo tanto, valores entre 0 y 50 representarían a ambientes óxicos, con niveles de oxígeno disuelto entre 1,5 a 3,0 mL/L (Kaiho, 1994).

Según Martins *et. al.* (2007) la separación entre especies óxicas y disóxicas son las siguientes:

-Óxicas: *Angulogerina angulosa*, *Cibicides* spp., *Discorbis williansoni*, *Elphidium discoideale*, *Elphidium* spp., *Globocassidulina subglobosa*, *Hanzawaia* spp., *Quinqueloculina lamarckiana* y *Quinqueloculina* spp.

-Disóxicas: *Bolivina compacta*, *Bolivina doniezi*, *Bolivina pulchella*, *Bolivina translucens*, *Bolivina* spp., *Brizalina cochei*, *Brizalina daggarius*, *Brizalina* spp., *Bulimina marginata*, *Bulimina* spp., *Buliminella elegantissima*, *Fursenkoina* spp., *Nonionella túrgida*, *Nonionella* spp. y *Stainforthia complanata*.

Sin embargo, en los últimos 50 años, una gran variedad de *proxies* han sido utilizados para la interpretación del ambiente, la productividad y la reconstrucción de la paleoproduktividad, testificando la importancia de este campo de investigación. Cada uno de estos *proxies* presenta asunciones y limitaciones por lo que es imprescindible realizar estudios *multiproxie* (Saito *et. al.*, 1989, Dymond *et. al.*, 1992; Paytan *et. al.*, 1993; Murray, 2006, Mahiques *et. al.*, 2009; Burone *et. al.* 2011, Burone *et. al.*, 2013, Franco-Fraguas, 2014).

1.3 Proxies

Diferentes *proxies* bióticos y abióticos son utilizados para obtener información sobre las condiciones ambientales y para inferir y auxiliar en la interpretación de los procesos responsables del establecimiento de condiciones sedimentares prevalecientes en el ambiente (Meyers, 1997). A continuación se detallan los principales *proxies* que se utilizan para este tipo de estudios y sus características principales.

1.3.1 Hidrodinámica

A través del estudio del tamaño de grano, diámetro medio y selección del sedimento de fondo se pueden inferir características sobre la hidrodinámica local (Gyllencreutz *et. al.*, 2010, Franco-Fraguas *et. al.*, 2014). Este ítem será desarrollado más adelante.

1.3.2 Origen y composición de la Materia Orgánica

El análisis de los elementos C y N así como los isótopos ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$) en la materia orgánica, es una exitosa herramienta utilizada en estudios paleoambientales, paleoclimáticos, y paleoceanográficos para inferir los distintos aportes de materia orgánica terrestre y marina (Saito *et. al.*, 1989, Prahl *et. al.*, 1994, Tyson, 1995).

1.3.3 Aporte terrígeno vs. marino

Los elementos Al, Ti y Fe pueden indicar el origen del sedimento. Están relacionados a componentes siliciclásticos y principalmente a minerales arcillosos. Estos elementos varían directamente con la fracción terrígena de sedimento. El Ca un componente de calcita y aragonita, refleja principalmente el contenido de carbonato marino en los sedimentos. De esta forma las fracciones Fe/Ca y Ti/Ca son utilizadas como indicadoras del aporte del material continental (Mahiques *et. al.*, 2009).

1.3.4 Paleoproductividad

Las características de la materia orgánica depositada en el sedimento de fondo ha sido utilizada ampliamente para estudios de productividad marina. El carbono orgánico (C_{org}) es el principal constituyente de los compuestos biológicos, de esta forma el análisis de la concentración en el sedimento es una fuerte herramienta para la interpretación de la productividad y paleoproductividad oceánica. El $CaCO_3$ presente en el sedimento marino está principalmente compuesto (95 %) por esqueletos de organismos producidos en las aguas superficiales. Especialmente en el talúd y en el ambiente pelágico el $CaCO_3$ proviene de organismos planctónicos como los coccolitofóridos y foraminíferos (Rühleman et al., 1999). Dicho $CaCO_3$ se preserva mejor que el carbono refractario que compone a los organismos (Brummer & van Eijden, 1992). Elementos menores y trazas (P, Ca y Ba) así como sus razones (Ba/Al y Ba/Ti) han sido utilizados como indicadores de paleoproductividad marina (Goldberg y Arrhenius, 1958; Broecker y Peng, 1982; Dymond *et. al.*, 1992; Paytan *et. al.*, 1993; Paytan y Kastner, 1996; Mahiques *et. al.*, 2009).

1.3.5 Paleoambientes

Las condiciones físico-químicas del medio marino ya sea la temperatura, salinidad, densidad y disponibilidad de nutrientes, ejercen gran influencia en los procesos biológicos de los organismos, desde el desarrollo del individuo a la dinámica de grandes sistemas. Obteniendo información sobre como el medio modifica el fenotipo (tamaño, forma, etc) de las asociaciones de foraminíferos bentónicos y como controla su distribución espacial y temporal, esto permite usar los registros fósiles de dichos organismos para reconstruir paleoambientes y sus variaciones a los largo del tiempo (Murray, 2006; Burone y Pires-Vanin, 2006).

1.4. Granulometría

Para conocer el contexto sedimentológico local son ampliamente utilizados los análisis de las propiedades físicas, litológicas y mineralógicas del sedimento (Mahiques *et. al.*, 2004; Nittrouer *et. al.*, 2007; Malinverno *et. al.*, 2010; Bozzano

et. al., 2010; Burone *et. al.*, 2013; Franco-Fraguas *et. al.* 2014). Estas propiedades permiten conocer la energía del ambiente, identificar las fuentes y transporte de sedimentos, inferir procesos sedimentarios locales y tasas de sedimentación.

La estrecha relación entre el flujo de carbono y partículas desde la superficie al fondo marino, la sedimentación, la hidrodinámica y la morfología del local hacen evidente la importancia de utilizar un enfoque holístico, tomando en cuenta todos estos aspectos, para la correcta interpretación de la productividad y paleoproductividad. Este tipo de estudio es considerado clave en los estudios de modelos climáticos (Nittrouer *et. al.*, 2007; Malinverno *et. al.*, 2010).

1.5 Análisis elemental de la materia orgánica

El análisis elemental de la materia orgánica permite la identificación tanto espacial y/o temporal de la mayor productividad (carbono orgánico y nitrógeno total) como naturaleza de la materia orgánica (razón C/N). Este hecho se basa en que los diferentes organismos producen materia orgánica con contenidos diferentes de C y N (Stein, 1991).

El C_{org} es el principal constituyente de los compuestos biológicos, así mismo, la evaluación de su contenido en el sedimento puede ser aplicada en la reconstrucción de la productividad oceánica. En algunas zonas del océano se asumió que el flujo que llega al sedimento es proporcional a su producción exportada a la superficie de los océanos (Paytan, 2006). Las interpretaciones de las fluctuaciones en la cantidad de carbono orgánico en términos de paleoproductividad son dificultosas, debido a procesos que afectan la preservación de la materia orgánica, como por ejemplo, las tasas de acumulación de sedimentos, contenido de oxígeno en aguas profundas, y tiempo de exposición (Keil *et. al.*, 1994).

La razón C/N basada en datos de (C_{org}) y nitrógeno total (N_t) permite hacer inferencias sobre el origen de la materia orgánica.

Algunos autores sugieren diferentes valores de la razón C/N según el origen de la materia orgánica. Meyers (1977) sugiere que la materia orgánica de origen marino presenta valores de la razón C/N alrededor de 6 mientras que valores próximos a 20 indicarían origen continental. Saito *et. al.* (1989) por su parte,

sugiere que una razón de C/N mayor que 20 es indicador de un origen terrestre y un valor de esta razón entre 5 y 7 un origen típicamente marino. Además Stein (1991) reportó que valores de esta razón por debajo de 10 estarían indicando un origen estrictamente marino y que valores de aproximadamente 10, representa tanto componentes orgánicos marinos como terrestres en el sedimento. Según Meyers (1997) tales diferencias ocurren porque los organismos marinos son ricos en proteínas y las plantas poseen grandes cantidades de celulosa. Valores intermedios de todos estos estimadores se consideran típicos de un ambiente tanto con influencia marina como continental (influencia mixta).

1.6 Razones isotópicas

La razón isotópica de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) en la materia orgánica es ampliamente utilizada como indicadora del aporte relativo de material marino vs. terrestre (Prahl et. al., 1995) y de los cambios en la concentración del CO_2 en el agua superficial. La técnica se basa en las diferentes señales de este isótopo en plantas C3 (árboles y arbustos) y plantas C4 (gramíneas), organismos bentónicos, fitoplancton y zooplancton (Muller, 1999; Zeebe y Wolf-Gladrow, 2001). Las plantas terrestres asimilan carbono bajo la forma de CO_2 atmosférico ($\delta^{13}\text{C}$ [PDB] = -7‰) mientras que en las plantas marinas el carbono es asimilado bajo la forma de HCO_3^- ($\delta^{13}\text{C}$ [PDB] ~ 0 ‰). Esto hace que las plantas terrestres presenten una señal mayor de $\delta^{13}\text{C}$ (-26‰) que el fitoplancton marino (-20‰) (Meyers, 1994). Por su parte Prahl et. al. (1994) propone que valores del $\delta^{13}\text{C}$ de -20 ‰ son considerados como valores típicos del fitoplancton marino, mientras que valores entre -24 y -35 ‰ son considerados típicos de plantas terrestres C3 que son las más abundantes. Por otro lado según Zeebe & Wolf-Gladrow (2001) valores entre -20 y -25 ‰ serían indicativos de materia orgánica de origen marino, mientras que valores entre -25 y -27 ‰ indicarían un origen terrestre.

La razón isotópica del nitrógeno estable ($\delta^{15}\text{N}$) de la materia orgánica sedimentaria puede utilizarse para rastrear la utilización del nutriente (NO_3^-) en el agua superficial. La utilización de este *proxie* se basa en el hecho de que el $\delta^{15}\text{N}$ depende del fraccionamiento del isótopo durante la ingestión del nitrógeno realizada por el fitoplancton. En la zona fótica existe ingestión preferencial del $^{14}\text{NO}_3^-$ por parte del fitoplancton dejando un residuo de NO_3^- disuelto

progresivamente enriquecida en ^{15}N . Así, en ambientes con altas concentraciones de nutrientes (donde el suministro físico de NO_3^- es mayor que la asimilación biológica), la depositación de detritos orgánicos resulta empobrecida en el isótopo más pesado (valores bajos de $\delta^{15}\text{N}$) (Schubert y Calvert, 2001). Por tanto, para $\delta^{15}\text{N}$ fue establecido 1‰ como un valor típicamente terrestre y 5 ‰ como típicamente marino (Lacerda & Marins, 2006).

1.7 Contenido de carbonato biodetrítico (CaCO_3)

El contenido de carbonato biodetrítico es una importante herramienta tanto en estudios actuales como en pretéritos. El mismo permite realizar interpretaciones vinculadas con la productividad y paleoproductividad marina y con el aporte de origen continental (Burone *et. al.*, 2013, Franco-Fraguas *et. al.*, 2014).

El fitoplancton y el zooplancton son las principales fuentes de carbono orgánico en el ambiente marino. Considerando que estos organismos planctónicos construyen sus tecas de carbonato de calcio (CaCO_3) u opalo ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) constituyen la mayor parte de la fracción biogénica del sedimento depositado en el margen continental y planicies oceánicas.

1.8 Elementos menores y traza

La utilización de las concentraciones de ciertos elementos y sus razones en sedimentos marinos, ha sido una práctica muy exitosa en la evaluación de la variación de la paleoproductividad en los océanos mundiales durante el Cuaternario. Algunos de los elementos y las razones que se destacan como *proxies* de productividad son: Ba, Mo, Sr, P, Si, Ba/Al y Al/Ti (Moreno *et. al.*, 2002; Prakash *et. al.*, 2002; Pattan *et. al.*, 2003; Wei *et. al.*, 2003; Calvert y Pedersen, 2007). Entre los indicadores de origen litogénico están las razones de Al/Si y Fe/K (Govin *et. al.*, 2012).

De los elementos arriba considerados, los niveles de Bario en el sedimento así como los valores de Ba biogénico (Ba_{bio}) (Pteifer *et. al.*, 2001) o Ba en exceso ($\text{Ba}_{\text{excess}}$) (Moreno *et al.*, 2002) son los considerados como los marcadores de paleoproductividad más efectivos (Kasten *et. al.*, (2003). Sin embargo, para

utilizar este *proxie* se debe conocer adecuadamente el valor de Ba detrítico para poder calcular el Ba_{bio} . Esto se calcula a partir de la ecuación:

$$Ba_{bio} = Ba_{total} - [Al \times (Ba/Al)_{det}]$$

De la misma forma que el Ba, el Ti (más propiamente la razón de Al/ Ti) también puede ser utilizado como *proxie* de productividad (Murray y Leinen, 1996; Dymond *et. al.*, 1997). El Ti es también utilizado como marcador de aporte terrígeno (Des Combes *et. al.*, 1999).

El P es considerado un nutriente esencial estrictamente relacionado con la productividad marina (Broecker, 1982). El Sr es principalmente encontrado en carbonatos biogénicos (Golberg y Arrhenius, 1958).

Entre los elementos indicadores de condiciones redox, se pueden citar:

- Elementos indicadores de ambientes de sedimentación óxicos: Mg (Calvert y Pedersen, 2007).
- Indicadores de ambientes de sedimentación sub-óxicos: Cr, V, U (Prakash, *et. al.*, 2002; Calvert y Pedersen, 2007; Martins *et. al.*, 2007).
- Dentro de aquellos elementos indicadores de ambientes de sedimentación anóxicos, se destacan: Ag, Cd, Cu, Ni y Zn (Calvert y Pedersen, 2007; Martins *et. al.*, 2007).

El análisis elemental se realizó para cada estrato sub-muestreado en el Instituto Oceanográfico IO-USP de la Universidad de Sao Paulo. En el Anexo II se muestran los resultados completos y detallados. Sin embargo, para este trabajo se utilizaron en el análisis, sólo los elementos Ba, Al, Ca, Fe, P y Ti.

1.9 Los Foraminíferos

Los foraminíferos son un grupo de organismos eucariotas unicelulares, pertenecientes al reino Protista, similares a las amebas aunque difieren por el hecho de presentar un test externo que los recubre. Representan el 2.5 % de todas las especies de organismos conocidos desde el Cámbrico (Kennett, 1982). Son predominantemente marinos heterotróficos, habitan amplios rangos de

profundidad que varían desde unos pocos metros hasta regiones abisales y están presentes en todas las latitudes (Boersma, 1978). Su tamaño puede variar entre 20 a 400 µm (Kennett, 1982), aunque algunos alcanzan hasta 16 µm o más (Douglas, 1979). Presentan un tipo de reproducción alternada, sexual y asexual, aunque hay grupos que se reproducen solo sexualmente (Boltovskoy, 1965; Murray, 2006).

Los foraminíferos son uno de los microfósiles marinos más ampliamente estudiados (Boltovskoy, 1965, 1976; Kennett, 1982; Murray, 2006). Son considerados excelentes indicadores de la edad geológica ya que presentan gran variabilidad y abundancia en el sedimento, ciclo de vida relativamente corto, amplia distribución geográfica y gran sensibilidad a las variaciones físicas y químicas de su medio ambiente. Estas características convierten a estos organismos en una herramienta extremadamente útil para la reconstrucción de las condiciones ecológicas de épocas pasadas (Boltovskoy, 1965, 1976; Murray, 1991, 2006; Martins *et. al.*, 2006, 2007;).

Los foraminíferos pueden ser planctónicos o bentónicos, siendo los últimos el grupo meiofaunal más abundante del suelo oceánico (Geslin *et. al.*, 2004).

1.9.1 Foraminíferos planctónicos

Los foraminíferos planctónicos forman parte de un grupo de microfósiles calcáreos encontrados en el ambiente marino. Viven principalmente en la zona eufótica donde ocurren las mayores concentraciones, aunque pueden migrar verticalmente hasta profundidades de 1000 metros (Bé, 1997; Hemleben *et. al.*, 1989; Sen Gupta, 1994). Son encontrados en diversos regímenes oceánicos incluidos las aguas tropicales, subtropicales y masas de agua polares (Hemleben *et. al.*, 1989). Existen entre 40 y 50 especies planctónicas y datan desde el período Jurásico (Sen Gupta, 1994). Las condiciones físico-químicas del medio marino tales como temperatura, salinidad, densidad y disponibilidad de nutrientes, ejercen gran influencia en sus procesos biológicos, desde el desarrollo del individuo hasta la dinámica de grandes sistemas. La obtención de información sobre como el medio modifica el fenotipo (tamaño, forma, etc.) de estos organismos y como este controla su distribución espacial y temporal, permite que a través del registro fósil se pueda reconstruir paleoambientes y sus

variaciones a lo largo del tiempo resultando ser un gran aporte en los estudios paleoceanográficos (Sen Gupta, 1994).

1.9.2 Foraminíferos Bentónicos

Los foraminíferos bentónicos presentan un caparazón de forma variable, compuesto de calcita, aragonita, sílice, partículas aglutinadas provenientes de los sedimentos donde habitan o de material orgánico. Pueden tener una o varias cámaras comunicadas entre sí por una abertura o foramen (Bernhard y Sen Gupta, 1999).

En el océano profundo representan más del 50 % de la biomasa eucariótica (Gooday *et. al.*, 1992), habitando la mayoría en la interfase agua-sedimento, ya que gran parte de la fuente alimenticia se encuentra disponible allí (bacterias, materia orgánica particulada o disuelta) (Ingle *et. al.*, 1980; Gooday, 1994). Los microambientes preferenciales de las especies son controlados por la disponibilidad de alimento y el contenido de oxígeno en aguas de fondo y aguas intersticiales del sedimento. Esto último se refleja en la abundancia, distribución y la morfología de las conchillas (McCorkle y Emerson, 1988; Corliss y Chen, 1988; Loubere, 1996).

Los foraminíferos bentónicos al igual que los planctónicos, son ampliamente utilizados como *proxies* para la reconstrucción de parámetros paleoceanográficos. Permiten dilucidar los cambios producidos en el ambiente oceánico en el pasado (Gooday, 2003; Nagai *et. al.*, 2009; Andrade, 2011), ya sean estos producto del clima, la circulación oceánica, así como condiciones de la paleoproduktividad (Herguera y Berger, 1991; Loubere y Fariduddin, 1999). Esto se debe a que tanto su composición faunal, distribución espacial y su densidad son controlados por muchos parámetros físico-químicos, tales como la profundidad del agua, flujo de materia orgánica exportada, disponibilidad de oxígeno disuelto y el sustrato (Fontanier *et. al.*, 2002; Gooday, 2003; Murray, 2006).

Pueden habitar diferentes microhábitats de la columna sedimentaria, pudiéndose encontrar especies (*epifaunales*), aquellas que pueden moverse libremente

sobre el fondo oceánico e *infaunales*, (las que se distribuyen en los primeros centímetros del sedimento (Bignot, 1985; Corliss, 1991).

En 1995, Jorissen y colaboradores presentaron un modelo conceptual denominado modelo TROX (Figura 1) explicando la distribución de foraminíferos bentónicos vivos en relación con la disponibilidad de alimento y la concentración de oxígeno. El modelo se basa en el hecho de que en ambientes oligotróficos, la infauna se distribuye en las capas superiores de la columna sedimentaria. Esto ocurre como resultado de la escasez de alimentos disponibles, siendo así un factor limitante en la distribución de fauna en profundidad, lo mismo no ocurre con el oxígeno, ya que no actuaría como factor limitante en este tipo de ambientes. En el otro extremo, en ambientes eutróficos, la infauna estaría limitada por la disponibilidad de oxígeno ya que existiría superabundancia de alimento. En ambientes mesotróficos, la infauna podría penetrar más profundamente en la columna de sedimento, debido a que el comportamiento de los dos factores limitantes (alimentos y oxígeno) serían en este caso relativamente menor en la distribución de microfauna.

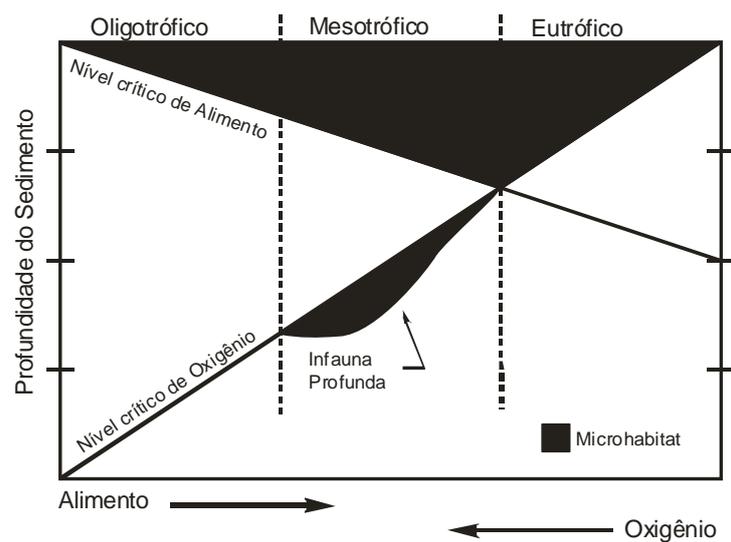


Fig. 1. Modelo Trox adaptado de Jorissen *et. al.*, 1995.

1.10 Margen continental uruguayo

El margen continental uruguayo es un margen continental pasivo. La plataforma continental tiene una pendiente suave con una extensión promedio de 120 km (Urien y Ewing, 1974). La zona de quiebre de plataforma se encuentra a una profundidad de entre 160 y 220 m (Urien y Ewing, 1974; Muñoz *et. al.*, 2010). A lo largo de la plataforma se encuentran islas barreras, montículos submarinos a profundidades inferiores a 327 m (de Mello y López, 2011; Franco-Fraguas *et. al.*, 2014), escalones y la presencia de cañones submarinos de ríos. Estos son consecuencia de la sedimentación producida a lo largo de procesos de transgresión y regresión ocurridos principalmente a lo largo del Cuaternario (Urien y Ewing, 1974; Parker, 1984; Martins *et. al.*, 2003; Soto *et. al.*, 2011).

Recientes estudios de batimetría y sísmica realizados a bordo del buque B/O Miguel Oliver, corroboraron la existencia de grandes cañones submarinos, de arroyos o canales (*gullies*) de escasa entidad (de hasta 10 m de profundidad, distribuidos en el talud) (Muñoz *et. al.*, 2010; López *et. al.*, 2011; Franco-Fraguas *et. al.*, 2014) y montes submarinos. Los montes submarinos presentan una altura de hasta 24 m y 1200 m de diámetro distribuidos entre 167 y 326 m de profundidad (Carranza *et. al.*, 2012). Se ubican principalmente en las zonas central y Norte del área, encontrándose la gran mayoría aislados aunque también los hay agrupados. A estos se encuentran asociados arrecifes coralinos de aguas profundas formados por la especie *Lophelia pertusa*. Los mismos constituyen el registro más austral de arrecifes formados por esta especie en el Atlántico occidental. Además se encuentran entre los más someros del Atlántico, posiblemente debido a que la profundidad de saturación del carbonato se ubicaría entre los 100 y 200 m de profundidad del borde de plataforma y talud uruguayos (Carranza *et. al.*, 2012).

Existen también depresiones someras redondeadas (*pockmarks*) de hasta 40 m de profundidad y 400 m de diámetro (Muñoz *et. al.*, 2010; Carranza *et. al.*, 2012) comúnmente encontradas a lo largo de márgenes continentales (Hovland y Judd, 1988). Tanto los montes submarinos así como los *pockmarks* se encuentran asociados a regiones con escapes de fluidos en la superficie en el área (de

Santa Ana *et. al.*, 2008; Tomasini *et. al.*, 2011; Krastel, *et. al.*, 2011; Muñoz *et. al.*, 2010; Carranza *et. al.*, 2012).

La plataforma continental está dominada por arena cuarcítica relictual que cubre la plataforma media y externa. La misma ha sido depositada en ambientes litorales, de barrera y estuarios y ha sido retrabajada en los sucesivos eventos de transgresión y regresión en el Cenozoico (Urien *et. al.*, 1980 a,b). Está gobernada por las corrientes de plataforma provenientes del sur que desplazan masas de agua Subantárticas de Plataforma (Urien *et. al.*, 1980 a,b; Ayup-Zouain *et. al.*, 2001). La plataforma continental recibe el influjo de partículas sedimentarias de la descarga fluvial del Río de la Plata (RdlP), el segundo estuario del continente sudamericano en términos de descarga media anual ($25.000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) (Nagy *et. al.*, 1987). Gran parte de la descarga continental del RdlP es depositada en la boca del río y hacia el noreste a lo largo de una facies limo-arcillosa (“pozos de fango”) en la plataforma continental interna y hacia la plataforma brasilera (Mahiques *et. al.*, 2008; Correa *et. al.*, 2008, Lantzsch *et. al.*, 2014).

En el talud continental, existe evidencia de influencia de procesos verticales, transversales y longitudinales (turbidíticos, contorníticos y hemipelágicos) (Hensen *et. al.*, 2000; Krastel *et. al.*, 2011; Franco-Fraguas *et. al.*, 2014). Por su parte, Bender *et. al.* (2012), sugieren aporte de arenas relictas desde plataforma al talud superior (*transporte off shelf*) a lo largo del Holoceno indicando un alto nivel energético del ambiente. Asimismo, los autores arriba citados registraron en el talud superior tasas de sedimentación de 400 cm/Ka para el Holoceno superior y de 50 cm/Ka para el Holoceno inferior.

En el Talúd continental se observa el desarrollo de un sistema contornítico “Contourite Depositional System” (CDS) influenciado por el desplazamiento de la masa sub-antártica característica del margen continental Argentino. Este proceso longitudinal “alongshore process” se manifiesta a nivel sub-superficial de la columna sedimentar (Hernández-Molina *et. al.*, 2009 y Violante *et. al.*, 2010) como superficial (Frenz *et. al.*, 2003; Bozzano *et. al.*, 2011).

Este sistema contornítico se extiende a lo largo del margen uruguayo presentando una buena continuidad bajo la forma de terrazas (ambiente erosivo) depositacionales (drifts) (Hernandez-Molina *et. al.*, 2015).

Otros procesos importantes también ocurren en esta región (deslizamientos submarinos y procesos gravitacionales de transporte). Los mismos han sido recientemente descritos para el margen profundo uruguayo y argentino (Krastel *et. al.*, 2011; Ai *et. al.*, 2014).

Un importante sistema de cañones submarinos (SCSc) está presente en la región y fueron descritos por la primera vez por Lonardi & Ewing (1971) entre las latitudes de 35° y 38° S. La porción norte del sistema (Sistema de cañones Río de la Plata) se extiende hasta el área de estudio (Franco-Fraguas *et. al.*, 2014; Soto *et. al.*, 2015; Hernández-Molina *et. al.*, 2015).

1.11 Hidrodinámica

1.11.1 Hidrografía y Masas de agua

El margen continental del Atlántico sudoccidental, presenta un singular sistema oceanográfico compuesto de masas de agua con características termohalinas contrastantes formando amplios gradientes que promueven la productividad biológica y la producción de partículas *in situ* (Peterson y Stramma, 1991; Ortega y Martínez, 2007; Piola *et. al.*, 2008). La circulación superficial oceánica está dominada por la confluencia Brasil-Malvinas que surge del encuentro de la corriente de Brasil (CB), desplazando una masa de agua cálida, salina y oligotrófica hacia el sur, a la altura de la zona del quiebre de plataforma, y la corriente de Malvinas (CM), desplazando una masa de agua fría, menos salina y rica en nutrientes hacia el norte (Peterson y Stramma, 1991) (Figura 2). La circulación asociada a la intensa mezcla de masas de agua disímiles (Olson *et. al.*, 1988; Peterson y Stramma, 1991) promueve la existencia de *eddies* con núcleos fríos y cálidos así como de meandros (Olson *et. al.*, 1988). La CB desplaza hacia el sur al Agua Tropical (AT, 0-100m) y al Agua Central del Atlántico Sur (ACAS, 100-600m) mientras que la CM desplaza hacia el norte el

Agua Subantártica de Superficie (0-400m). A mayores profundidades el fondo marino está bañado por la masa de Agua Antártica Intermedia (AAI, 600-1000m) profunda desplazándose hacia el norte y por la masa de Agua del Atlántico Norte (APAN, >1000) desplazándose hacia el sur (Stramma y England, 1999).

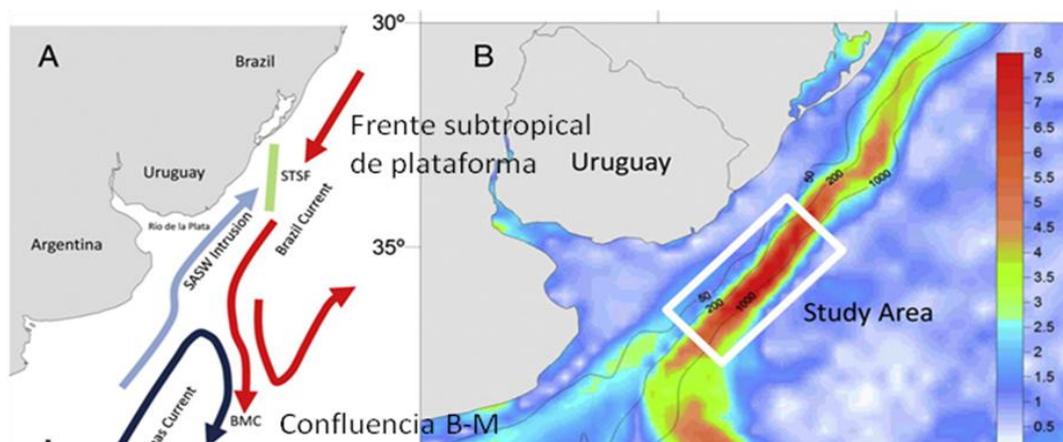


Fig.2. Esquema de la circulación regional de la plataforma continental del Atlántico sudoccidental y el talúd, tomado de de Mello *et. al.* (2014) modificado de Matano *et. al.*, 2006. STSF: Frente Subtropical de plataforma, BMC: Confluencia Brasil Malvinas.

La CM está formada en los primeros 500 m por una masa de Agua Subantártica (ASA), caracterizada por temperaturas potenciales (θ) de entre 4 y 15 °C y salinidades (S) entre 33.7 y 34.15 (Piola y Gordon, 1989). Por otro lado, la CB es un flujo asociado al movimiento de 2 masas de agua, el Agua Tropical (AT) y el Agua Central del Atlántico Sur (ACAS) o Agua Subtropical (AST). En este sentido, el AT fluye en los primeros 200 m y es generada debido al balance negativo de precipitación y evaporación así como a la intensa radiación solar típica del Atlántico Sur ecuatorial, se caracteriza por $\theta > 20$ °C y $S > 36$ (Piola y Gordon, 1989). Por su parte el ACAS se forma en el frente subtropical como resultado de la mezcla entre CB y CM. La misma fluye hacia el Sur ocupando los primeros 500 m de la columna de agua y está definida por temperaturas potenciales entre 10 y 20 °C y salinidades entre 34.2 y 36 (Sverdrup *et. al.*, 1942). Adicionalmente una masa de Aguas Costeras (AC) definida por salinidades menores a 33.2 puede estar presente superficialmente en el área durante períodos de elevada descarga del estuario del Río de la Plata (Guerrero y Piola, 1997).

Bajo las masas de agua superficiales, hasta aproximadamente los 1000 m de profundidad en el área se encuentra el Agua Antártica Intermedia (AAI) definida por temperaturas potenciales entre 3.0 y 6.0 °C y salinidades entre 34.2 y 34.6 (Sverdrup *et. al.*, 1942). El AAI fluye hacia el Norte junto con la CM hasta alcanzar la confluencia CB - CM, allí se desvía hacia el Este ingresando a la circulación del giro subtropical y circula asociada a las corrientes de borde del giro, al llegar al continente americano se divide en 2 ramas, una Norte que atraviesa el Ecuador en dirección Norte y una Sur que fluye en dirección Suroeste bajo la CB. Algunos autores incluyen este flujo de recirculación del AAI que fluye en el mismo sentido que la CB como una extensión profunda de ésta (Nuñez-Riboni *et. al.*, 2005). Debajo del AAI se encuentra la porción superior del Agua Circumpolar Profunda (ACP) que fluye hacia el Norte y está caracterizada por $\theta < 2.9$ °C y un mínimo de oxígeno disuelto ($O_2 < 200 \mu\text{molkg}^{-1}$), (Piola y Matano, 2001; Tomczak y Godfrey, 2003). Finalmente, en profundidades entre 1500 y 3000 m ha sido descrita el Agua Profunda del Atlántico Norte (APAN), caracterizada por temperaturas potenciales entre 3.0 y 4.0 °C y salinidades entre 34.6 y 35 (Silveira *et al.*, 2000). Esta agua forma parte de la circulación termohalina y ha sido registrada fluyendo hacia el Sur a lo largo del sudeste brasilero hasta cerca de 32° S, donde parte de la corriente retorna al Ecuador (Weatherly, 1993).

La zona de convergencia entre CB y CM es distinguida como una de las regiones más energéticas del planeta (Gordon, 1981; Chelton *et. al.*, 1990). La convergencia migra hacia el Sur en verano, posiblemente como parte de un desplazamiento general hacia el Sur del giro subtropical en respuesta a una posición más Sur del sistema de altas presiones atmosférico (Tomczak y Godfrey, 2003).

Los frentes generados por el encuentro de las corrientes de Brasil y de Malvinas determinan la existencia de gradientes termohalinos horizontales pronunciados. Así mismo, en estas zonas ocurren movimientos verticales del agua en el océano, lo que facilita la surgencia de nutrientes en la superficie desde zonas profundas (Froneman *et. al.*, 1997; Brandini *et. al.*, 2000; Olson, 2000; Conkright *et. al.*, 2002). Sumado a los procesos descritos anteriormente, la descarga continental de material orgánico y nutrientes producida por el RdIP y la

existencia de surgencias de quiebre de plataforma es que ocurre una elevada concentración de clorofila *a* y producción primaria en el área (Ciotti *et. al.*, 1995; Longhurst, 1998; Brandini *et. al.*, 2000; Saraceno *et. al.*, 2005, de Mello *et. al.*, 2014).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Estudiar la variabilidad de la productividad marina durante el Holoceno Tardío en el margen del Atlántico Suroccidental Uruguayo a través de análisis multiproxie (geoquímicos y micropaleontológicos)¹.

2.2 Objetivos específicos

Para que el objetivo principal sea alcanzado los siguientes objetivos específicos deberán ser cumplidos:

- Identificar las especies que caractericen momentos de mayor productividad a lo largo del testigo.
- Determinar el índice BFHP (*Benthic Foraminifera High Productivity*) como indicador de producción primaria y BFOI (*Benthic Foraminiferal Oxygen Index*) como indicador de la disponibilidad de oxígeno a lo largo del testigo.
- Determinar las condiciones tróficas del ambiente a través del tiempo utilizando los *microhabitats* de las especies presentes y las especies indicadoras de características óxicas y disóxicas.
- Comparar los datos de productividad obtenidos recientemente para el margen continental a través de modelos tróficos con los datos obtenidos a lo largo del testigo.
- Determinar la distribución de elementos (Ba, P) y sus razones (Ba/Ti, Fe/Ca y Ti/Ca) así como porcentajes de carbonato biogénico en el sedimento como indicadores de productividad y origen del sedimento.
- Correlacionar los datos microfaunísticos con los parámetros abióticos.

¹ Isótopos de carbono y nitrógeno ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$) y la razón C/N (origen y composición de la materia orgánica), concentraciones de Al y Ti y la razón de Fe/Ca y Ti/Ca (aporte terrígeno vs marino), Contenido de C_{org} , Nt; CaCO_3 , P, Ca y Ba; y la razón de Ba/Ti (indicadores de paleoproduktividad) y tamaño de grano y selección (energía del ambiente). Así como también la distribución de elementos mayores (Ti, Al, Fe, Ca y P) y traza (Ba) en la columna sedimentaria. También mediante el análisis de datos con foraminíferos bentónicos.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Área de Estudio

Este trabajo es una contribución al grupo de Ciencia y Tecnología Marina (CINCYTEMA) y se enmarca dentro del Programa de Investigación de Aguas Profundas (PIAP) coordinado por la Dirección Nacional de Recursos Acuáticos (DINARA). Cuenta con material colectado por el buque oceanográfico B/O Miguel Oliver durante enero y febrero de 2010 en el quiebre de plataforma y talud de la ZEE uruguaya (Figura 3).

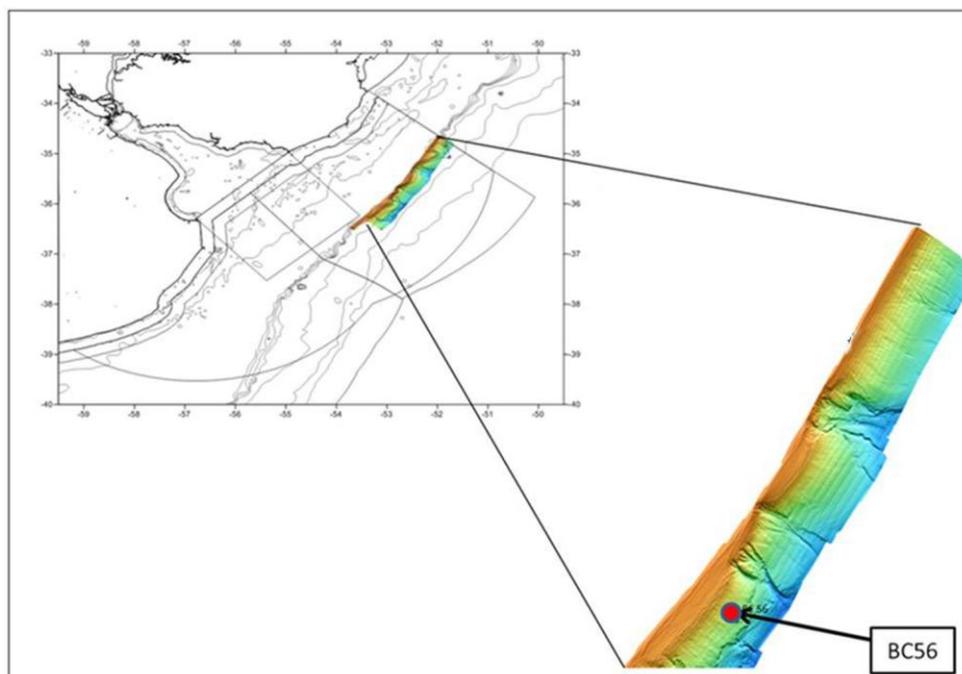


Fig. 3. Área prospectada en la campaña 0110 a bordo del B/O Miguel Oliver.

Se analizaron muestras provenientes del testigo BC 56 de 26 cm de columna sedimentar. El mismo fue colectado por medio de un *boxcore* de tipo ULSNER, el cual se obtuvo en el talud medio a una profundidad de columna de agua de 937 m, en la posición lat. 36° 12', 48'' y long. 53° 04', 78'' (Figura 3). El testigo fue fotografiado, descrito visualmente y sub-muestreado en intervalos de 1 cm para trabajar con alta resolución.

3.2 Dataciones

Para determinar la cronología se realizaron dataciones radiométricas por AMS ^{14}C en materia orgánica debido a la falta de material carbonático suficiente como foraminíferos y moluscos. Aproximadamente 7 grs de sedimento fueron enviados para análisis al laboratorio Beta Analytic Inc. (EUA).

3.3 Análisis abiótico

3.3.1 Análisis granulométrico y elemental de la materia orgánica

El análisis granulométrico y elemental de la materia orgánica para cada estrato submuestreado se realizó en el Instituto Oceanográfico IO-USP de la Universidad de Sao Paulo. Los análisis granulométricos fueron realizados con un sedimentómetro láser Malvern Mastersizer 2000. Las muestras fueron previamente decarbonatadas con una solución 1 M de HCl, lavadas tres veces con agua de-ionizada y secadas nuevamente. Las fracciones de tamaño de las partículas se analizaron según la escala Wentworth (Wentworth, 1922 en Suguio, 2003).

Los porcentajes de carbono orgánico (C_{org}), nitrógeno total (Nt) y los isótopos estables de la materia orgánica presentes en el sedimento ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$) se analizaron utilizando un Finnigan Delta V Plus acoplado con un Costech Elemental Analyser. Específicamente para la lectura del $\delta^{13}\text{C}$ y del % C_{org} , se extrajo el CaCO_3 presente en la muestra y se calculó su porcentaje a partir de la diferencia de masa pre y pos ataque del material con una solución de HCl 10 %. Posteriormente se calculó la razón C/N. Finalmente, El contenido de carbonato biodetrítico de cada muestra será determinado a partir de la diferencia en masa pré y post ataque del material con HCl a 10%. Para ello las muestras fueron secadas, pesadas y acondicionadas previamente.

Los elementos mayores Ti, Al, Fe, Ca y P y traza (Ba) se analizaron con Rayos X de Fluorescencia (RXF) de acuerdo con Mori y colaboradores (1999).

3.4 Análisis bióticos

Para las muestras destinadas a los análisis microfaunísticos (foraminíferos) se tomó un volumen aproximado de 10 cm³ de sedimento de cada estrato. Las muestras se tamizaron a húmedo mediante tamices, de modo de separar la fracción de sedimento grueso (mayor a 250 micras) del fino (entre 250 y 63 micras) y luego secadas en estufa a 40 °C por un período de 24 hs para evitar pérdidas de posibles tecas aglutinantes presentes en el material.

Posteriormente, las muestras con gran abundancia de sedimento se sometieron a flotación (cuando fue necesario) mediante una solución de alta densidad (Tricloroetileno- C₂HCl₃) de modo de concentrar la microfauna para luego ser transferidas a papel de filtro y secadas al aire libre.

También se examinaron los residuos de las muestras flotadas, para obtener aquellos especímenes más densos que la solución de tricloroetileno. Todos los especímenes se separaron y se ubicaron en láminas micropaleontológicas (portaforaminíferos), mediante la observación por microscopio estereoscópico. Esto permitió realizar la identificación al menor nivel taxonómico posible y de éste modo la caracterización de los patrones de densidad y distribución de los foraminíferos y su significado paleoambiental (reconocimientos de eventos paleoclimáticos y paleoceanográficos). Los fragmentos de test encontrados en las muestras, cuya identificación era dudosa, no se tomaron en cuenta para este estudio.

Cuando la muestra presentaba densidades muy altas de caparazones se aplicó la técnica de cuarteado. La cual consiste en reducir el tamaño total de la muestra (1/4 ó 1/8) sin alterar las proporciones de lo que se quiere estudiar.

Para la identificación de las especies fueron consultados Boltovskoy *et. al.* (1980), Loeblich y Tappan (1988), Wynn y Bowman (1994), Murray (2003) y de Mello, (2014). Los foraminíferos planctónicos cuando presentes también fueron retirados, identificados y cuantificados.

Para una mejor identificación algunos individuos fueron fotografiados en el Microscopio Electrónico de Barrido (MEB). Para ello los caparazones fueron colocados en tacos metálicos sobre una cinta adhesiva de carbono, para luego

ser metalizados con oro en un Metalizador (Desk II, Dentom Vacuum). El equipo utilizado para los registros fue un Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) Jeol, JSM-5900 LV.

Se utilizaron como descriptores biológicos de las asociaciones de foraminíferos bentónicos la riqueza (R), densidad total de individuos para las fracciones de tamaño de 250 y 63 μm en cada estrato (suma del número de foraminíferos de la fracción 63 μm (D_{63}) y de la fracción 250 μm (D_{250}) de los 26 estratos) densidad en 260 cm^3 , densidad total de individuos para cada estrato a lo largo del testigo (D_t , como la suma de D_{63} y D_{250} en cada estrato, densidad en 10 cm^3). También fueron calculados los parámetros referentes a Equidad de Pielou (J'; Pielou, 1975) y el índice de Diversidad de Shannon (H'). Además se calculó la razón Planctónicos/Bentónicos (P/B) para todo el testigo. También se aplicó el modelo TROX para inferir condiciones tróficas (Jorissen, 1999) y se calculó el índice BFHP (*Benthic Foraminiferal High Productivity*) y el BFOI (*Benthic Foraminiferal Oxygen Index*) para cada estrato del testigo.

Se aplicó el índice BFHP para identificar períodos de elevado aporte de C_{org} hacia el fondo oceánico. Para ello se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{BFHP} = (P/D_t) \times 100$$

Donde: P es la densidad de las especies consideradas indicadoras de alta productividad y D_t es la densidad absoluta de especímenes en la muestra.

Los *taxa* considerados indicadores de alta productividad según Martins et al. (2007) son *Bolivina compacta*, *Bolivina doniezi*, *Bolivina pulchella*, *Bolivina translucens*, *Bolivina* spp., *Brizalina cochei*, *Brizalina daggariu*, *Brizalina* spp., *Bulimina marginata*, *Bulimina* spp., *Buliminella elegantissima*, *Fursenkoina* spp., *Nonionella tugida*, *Nonionella* spp., *Stainforthia complanata*, *Uvigerina peregrina*, *Uvigerina* spp., *Cassidulina* spp., *Islandiella norcrossi* y *Epistominella exigua* y *Alabaminella wedellensis* según Sun et al. (2005).

Para este estudio los *taxa* utilizados fueron *Bulimina marginata*, *Bulimina subulata*, *Epistominella exigua*, *Nonionella stella*, *Stainforthia complanata* y *Uvigerina bifurcata*.

También se realizaron correlaciones de Pearson entre las variables abióticas y bióticas con el propósito de establecer si existe o no una relación entre los 2 tipos de variables.

Todas las gráficas presentes en este trabajo se realizaron mediante el programa gratuito Pangea/PANPLOT.

3.5 Análisis estadísticos

Para ordenar espacialmente las muestras en función de las variables abióticas se realizó un Análisis de Componentes Principales (PCA). Previamente se construyó una matriz abiótica (% limo, % arcilla, % CaCO₃, % C_{org}, % Nt, δ¹³C, δ¹⁵N y la razón C/N) la cual fue normalizada y centralizada. Se utilizó el programa MVSP, versión 3.2.

Para analizar la distribución espacial (temporal) en base a composición microfaunística se aplicó un análisis no paramétrico de Escalonamiento Multidimensional (*non metric Multidimensional Scaling*, nMDS). Se aplicó el paquete PRIMER, versión 5 para la construcción de una matriz utilizando la densidad de las especies dominantes (siendo aquellas más representativas en las muestras analizadas) identificadas a lo largo del testigo. *A. pseudospiralis*, *A. angulosa*, *Angulogerina spp.*, *B. marginata*, *B. subulata*, *Ch. ovoidea*, *Cibicides spp.*, *E. exigua*, *S. complanata*, *H. elegans* y *U. bifurcata* en función de cada estrato.

4. RESULTADOS

4.1. Descripción Visual

El análisis visual del testigo BC56 (Anexo IV) mostró una alternancia de estratos de diferente amplitud, con colores oliva entre 5Y 3/2 y 5Y 7/6 (carta de colores de Munsell). Se caracterizó por la presencia de arena fina con intercalaciones laminadas de sedimentos fangosos.

Entre los 11_12 y 12_13 cm de profundidad se observa un contacto abrupto con cambio en la textura del sedimento y en el color (coloración gris). En los primeros centímetros del testigo se observan fragmentos líticos de aproximadamente 5 mm y rocas graníticas de 20 centímetros.

4.2. Dataciones

Los resultados obtenidos con la datación muestran las siguientes edades: primer centímetro, edad aproximada: 2690 +/- 30 BP, a los 11 cm, edad aproximada: 1340 +/- 30 BP y a los 13 cm, edad aproximada: 1290 +/- 30 BP. La base del testigo no fue datada.

4.3 Análisis granulométrico

Los datos referentes a la granulometría se presentan en el Anexos II. El sedimento estuvo representado principalmente por arena limosa (entre 62.2 y 79.5 %) y en menor proporción por la fracción limo (entre 20.5y 43.3 %).

Si bien, el porcentaje de arena no varió significativamente a lo largo del testigo se registraron tres cambios que pueden ser destacados desde la base al tope: a los 21 cm ocurre decrecimiento del porcentaje de arena pasando de 74,7 a 62.2 %, a los 11 cm se registra otra disminución del porcentaje de 71.9 a 65.4 % y a los 2 cm se observa un incremento hacia el tope, que varía de 65.7 a 79.5 % (figura 4).

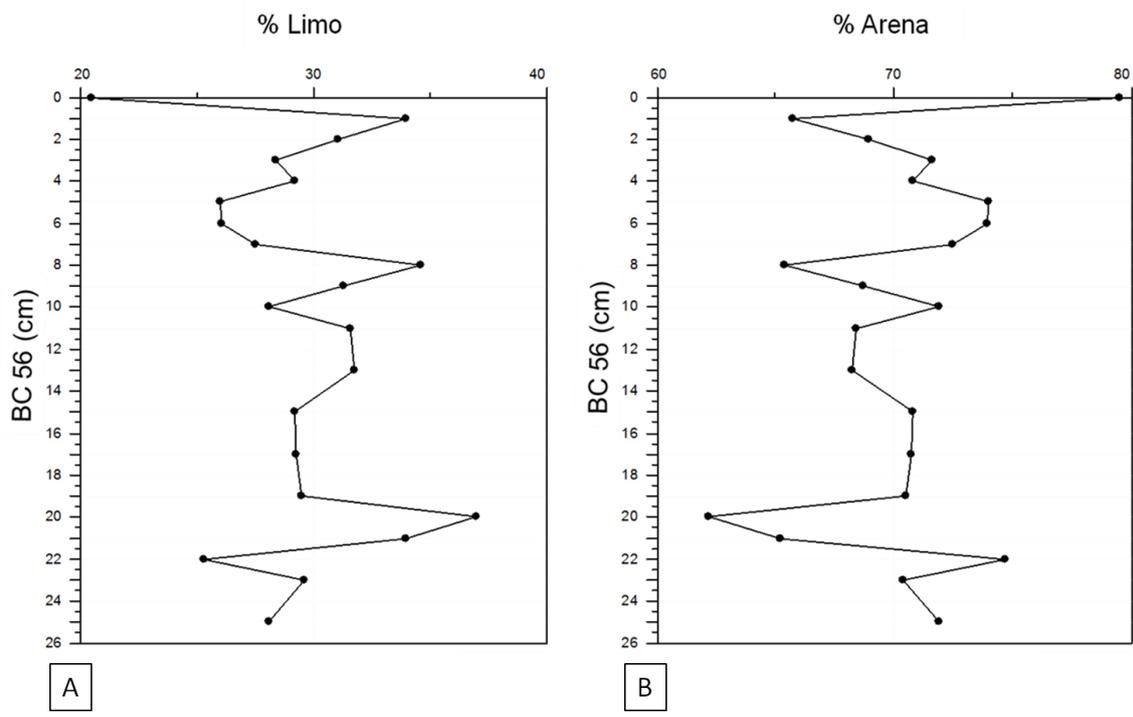


Fig. 4. Relación entre el porcentaje (%) de la fracción limo (A) y de arena (B) en función de la profundidad del BC56 (cm).

4.4 Análisis de elementos menores y mayores

El Ba, Al y Ti presentaron un patrón similar de distribución a lo largo del testigo, con los mayores valores en la base y una progresiva disminución hacia el tope variando entre 303.2 y 376.8 mg/Kg para el Ba, entre 47008.7 y 72720.0 mg/Kg para el Al y entre 1879.1 y 2889.8 para el Ti. Incluso se observa que el patrón de distribución del Al coincide prácticamente con el del Ti.

Para el Ca se registró un aumento gradual desde la base al tope del testigo, presentando las menores concentraciones en la base (aproximadamente 24139 mg/kg). A los 11 cm se observa un aumento presentando concentraciones de 31490 mg/kg y a los 5 cm ocurre el mínimo valor para este elemento (22053 mg/kg) que luego aumenta hacia el tope (29002 mg/kg).

Las concentraciones de Fe y P presentan un patrón similar de distribución a lo largo del testigo. Sin embargo en la base la concentraciones difieren, observándose que el Fe disminuye desde la base al tope, con valores de 35385

mg/kg (a los 25 cm) y 26033 mg/kg (a los 23 cm). En ambos casos a los 13 cm se registra un aumento de la concentración desde la base al tope, hasta los 11 cm. Con valores entre 32823 mg/kg y 40765 mg/kg para el Fe y entre 1121 mg/kg a 1467 mg/kg para el P.

En la figura 5 se muestra la distribución de dichos elementos en función de la profundidad del testigo.

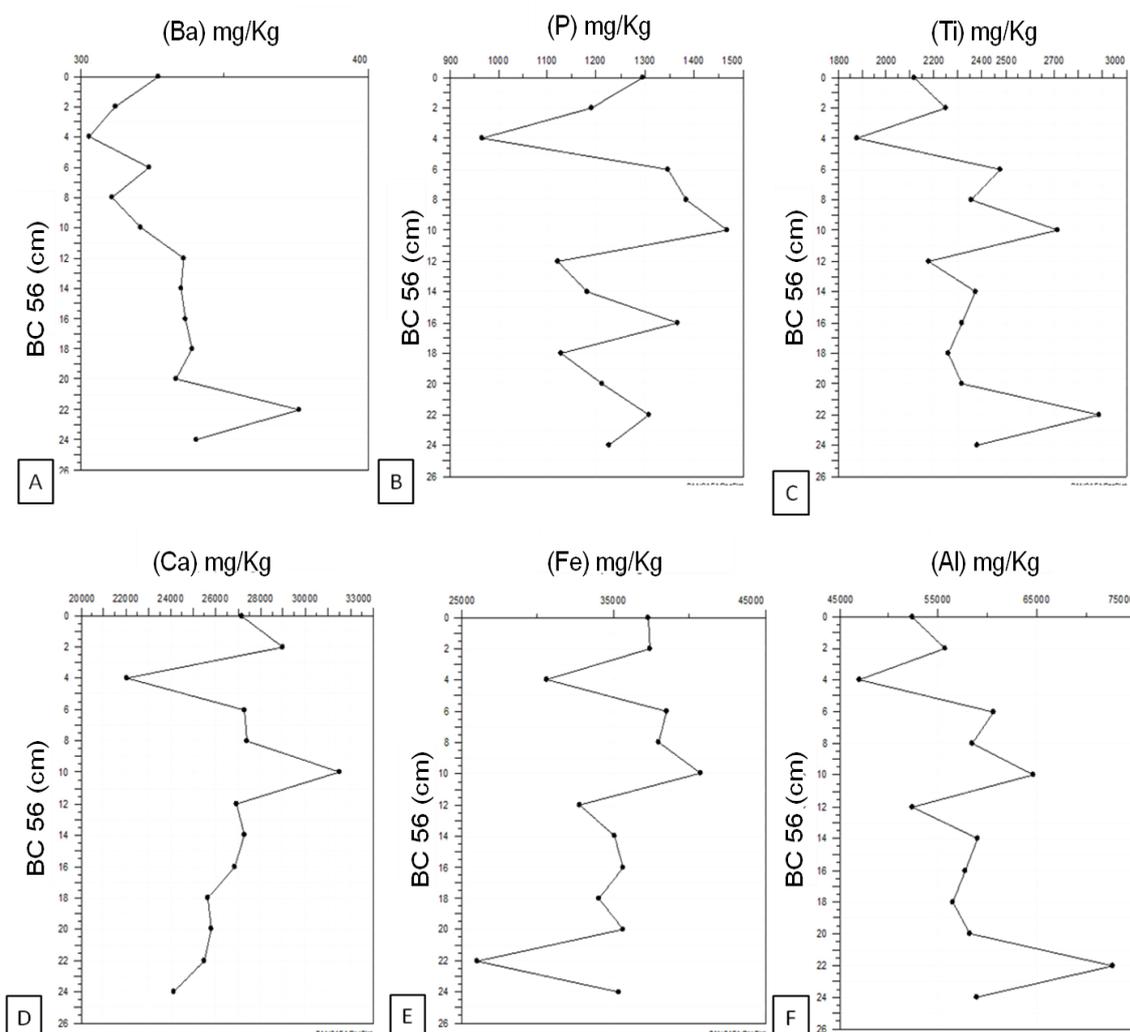


Fig. 5. Relación entre la concentración de los elementos Ba (A), P (B), Ti (C), Ca (D), Fe (E) y Al (F) (mg/Kg) con la profundidad del BC56 (cm). La profundidad se representa de tope a base.

La razón Ba/Ti, presenta valores entre 0,11 y 0,16, observándose un leve aumento de la base al tope del testigo hasta los 13 cm donde disminuye hasta un mínimo de 0,11 a los 11 cm. Luego aumenta hasta llegar a un pico a los 4 cm de profundidad. Para la razón Fe/Ca, los valores estuvieron entre 1,0 y 1,47,

observándose el valor máximo a los 25 cm de profundidad. Finalmente, para la razón Ti/Ca los valores se ubicaron entre los 0,11 y 0,08, observándose el valor máximo a los 23 cm de profundidad (figura 6).

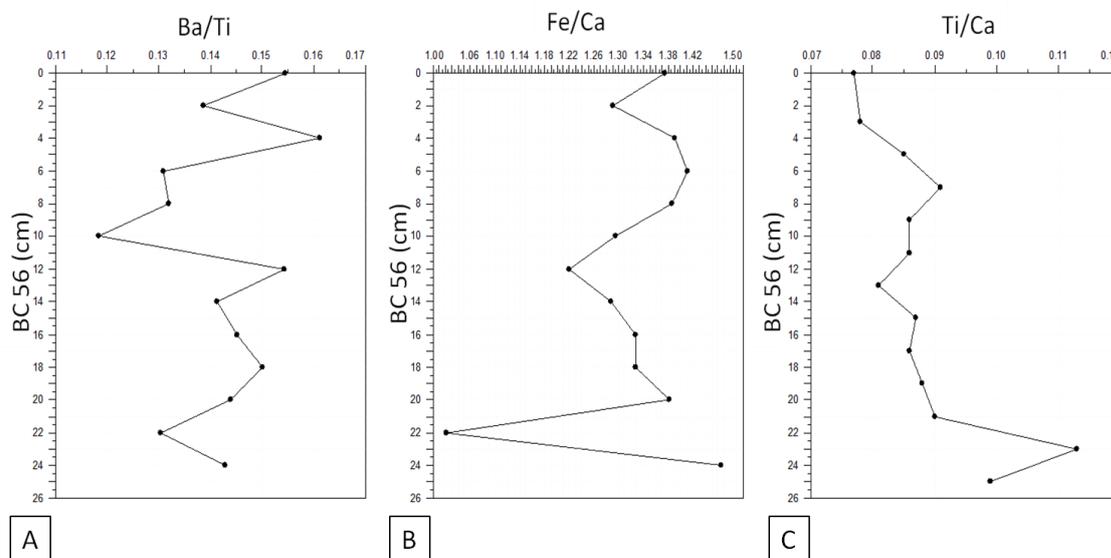


Fig. 6. Relación entre los valores de las razones de Ba/Ti (A), Fe/Ca (B) y Ti/Ca (C) con la profundidad del BC56 (cm). La profundidad se representa de tope a base.

4.5 Indicadores geoquímicos de productividad marina

Entre los estimadores geoquímicos de productividad analizados, los datos obtenidos para el CaCO_3 , muestran que los valores variaron entre 10,57 y 16,77 %. Entre los 24 y 22 cm ocurre una disminución del porcentaje variando de 13,88 a 10,57 % respectivamente. Luego el porcentaje aumenta alcanzando el valor máximo observado (16,77 %).

Las concentraciones de C_{org} , presentaron valores entre 1,34 y 2,39 %. A los 22 cm se observa un incremento de la concentración (2,26 %) y a los 5 cm se registra el valor máximo (2,39%).

Para el N_t , los valores estuvieron entre 0,17 y 0,29 % decreciendo de la base al tope. El mayor porcentaje se encuentra próximo a la base del testigo (26 cm, 0,29 %).

En la Figura 7 se presenta la distribución de las razones de elementos en función de la profundidad.

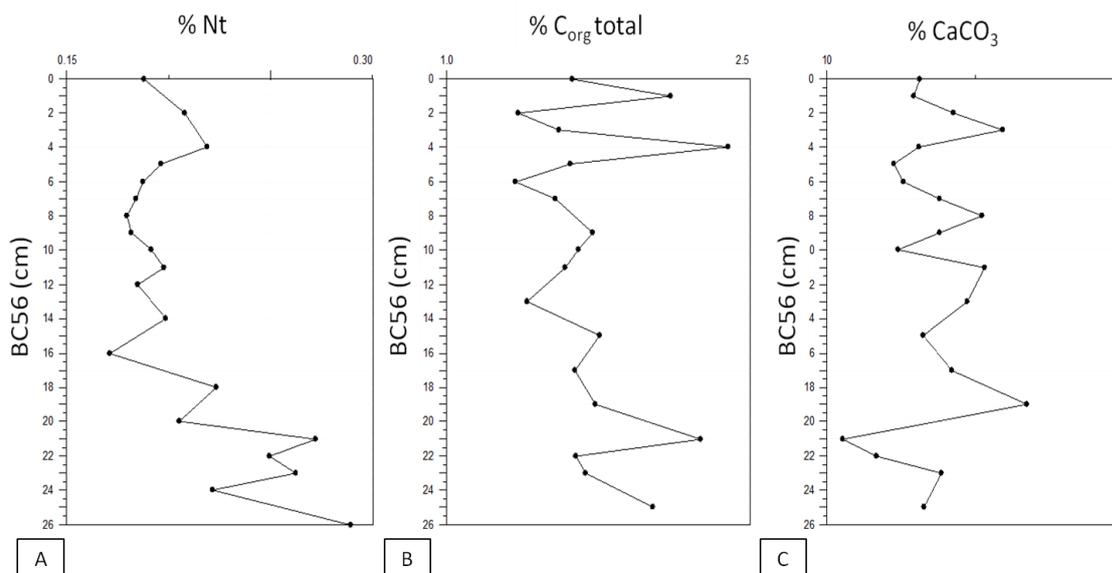


Fig. 7. Relación entre los porcentajes de N_t (A), C_{org} (B) y CaCO₃ (C) con la profundidad del BC56 (cm). La profundidad se representa de tope a base.

4.6 Indicadores del origen de la materia orgánica

En cuanto a los estimadores del origen del material orgánico, los valores de $\delta^{13}\text{C}$ se ubicaron entre -21.86 y -21.22 ‰, mientras que los valores de $\delta^{15}\text{N}$ estuvieron entre 3.98 y 6.85 ‰. Por su parte la razón C/N presentó valores que se ubicaron entre 6.25 y 12.16, encontrándose el máximo valor a los 4cm. Para este último indicador se observa una leve tendencia de aumento desde la base al tope del testigo. En la Figura 8 se muestra la relación de estas variables en función a la profundidad del testigo.

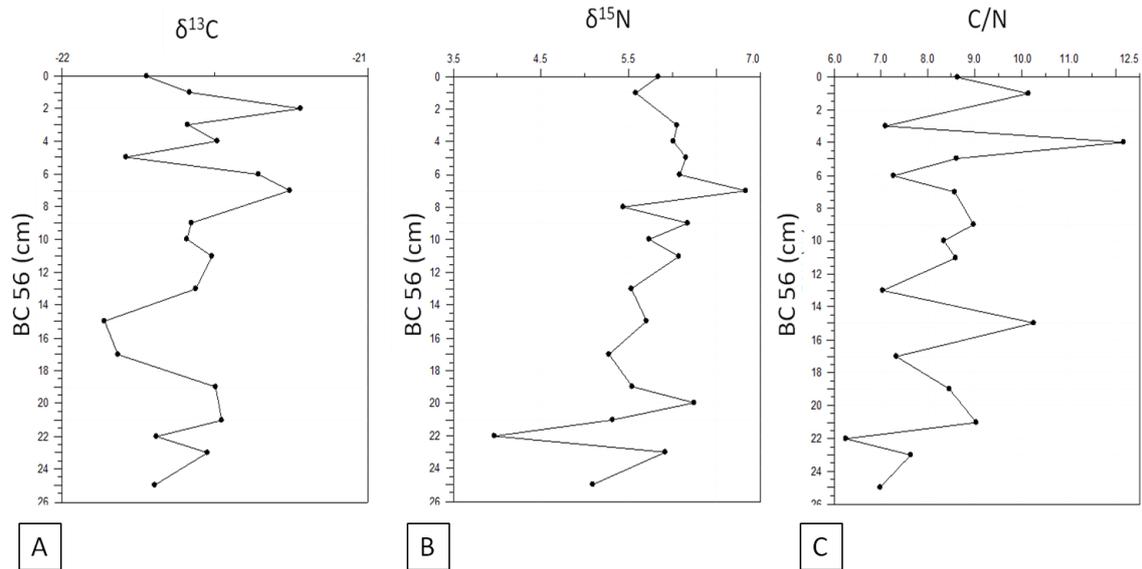


Fig. 8. Relación entre los valores de $\delta^{13}\text{C}$ (A), $\delta^{15}\text{N}$ (B) y C/N (C) con la profundidad del BC56 (cm). La profundidad se representa de tope a base.

Los datos correspondientes al análisis granulométrico, concentraciones de elementos (Ba, Al, Ca, Fe, P y Ti), CaCO_3 , C_{org} , Nt, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, razón C/N y razón de los elementos traza (Ba/Ti, Fe/Ca, Ti/Ca) son presentados en el Anexo II.

4.7 Resultados Bióticos

4.7.1 Distribución vertical de la densidad total de foraminíferos bentónicos

La suma de la densidad total (D_t , suma de D_{63} y D_{250} considerando todo el testigo es de 1300 caparazones de foraminíferos bentónicos por 10 cm^3). En función de la distribución de la microfauna el testigo puede ser dividido en tres Fases.

Fase 1, constituida entre la base del testigo (25_26) hasta el intervalo de 15_16 cm de profundidad, Fase 2, (15_16 a 7_8 cm) y la Fase 3, (7_8 a 0_1 cm).

Fase 1 se caracteriza por una tendencia a la disminución de los valores de densidad desde la base del testigo hasta los 23 cm de profundidad, seguidamente se observa un incremento a los 21cm, que luego decrece hasta un mínimo de 1891 individuos a los 19 cm.

La Fase 2 presenta un aumento de la densidad total con un valor máximo de 7421 individuos a los 10 cm de profundidad que luego disminuye para alcanzar el mínimo valor (849 individuos) a los 8 cm.

Finalmente, la Fase 3, presenta una tendencia al aumento de los valores de Dt hasta un máximo 3832 individuos a los 4 cm de profundidad, que luego decrece hasta el tope del testigo (760 individuos) (figura 9, Anexo V).

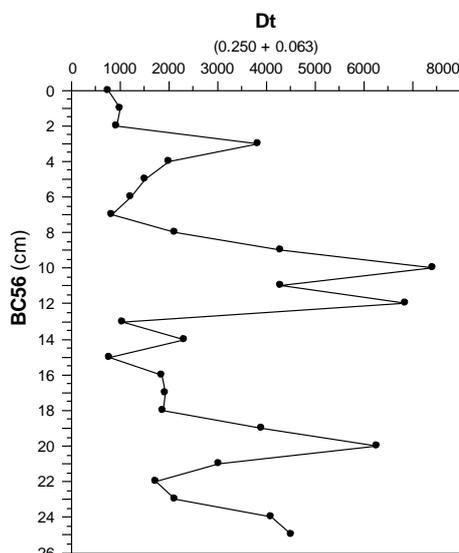


Fig. 9. Distribución de la densidad total de foraminíferos bentónicos (Dt, F.bentónicos) a lo largo del testigo. La profundidad se representa de tope a base.

4.7.2 Composición taxonómica

Fueron encontrados un total de 25 especies de foraminíferos bentónicos correspondientes a los subórdenes Rotaliida (teca calcárea hialina, 19 especies), Milioliida (teca calcárea aporcelanadas, 1 especie) y Textulariida (teca aglutinante, 5 especies).

La especie que presentó la mayor densidad total de individuos fue *Epistominella exigua* alcanzando una densidad total de 40268 individuos/10 cm³ de sedimento, seguida por la especie *Bulimina marginata* con una densidad total de 5157 individuos/10 cm³ de sedimento. Otras especies con densidades significativas fueron: *Angulogerina* spp. (4389 individuos/10 cm³ de sedimento), *Stainforthia complanata* (2566 individuos/10 cm³ de sedimento) y *Bulimina subulata* (3391 individuos/10 cm³ de sedimento).

En el Anexo V se presenta la densidad absoluta de las especies de foraminíferos en función de la profundidad de columna sedimentar.

En las láminas 1,2 y 3 anexas se presentan las microfotografías de algunos de las especies de foraminíferos bentónicos y planctónicos obtenidos en el análisis.

Las especies con mayor densidad de individuos en cada sub-muestra a lo largo del testigo fueron consideradas como las más representativas, siendo estas *Angulogerina pseudospiralis*, *Angulogerina angulosa*, *Angulogerina* spp., *Bulimina marginata*, *Bulimina Subulata*, *Chilostomella ovoidea*, *Cibicides* spp., *Epistominella exigua*, *Stainforthia complanata*, *Hoeglundina elegans* y *Uvigerina bifurccata*.

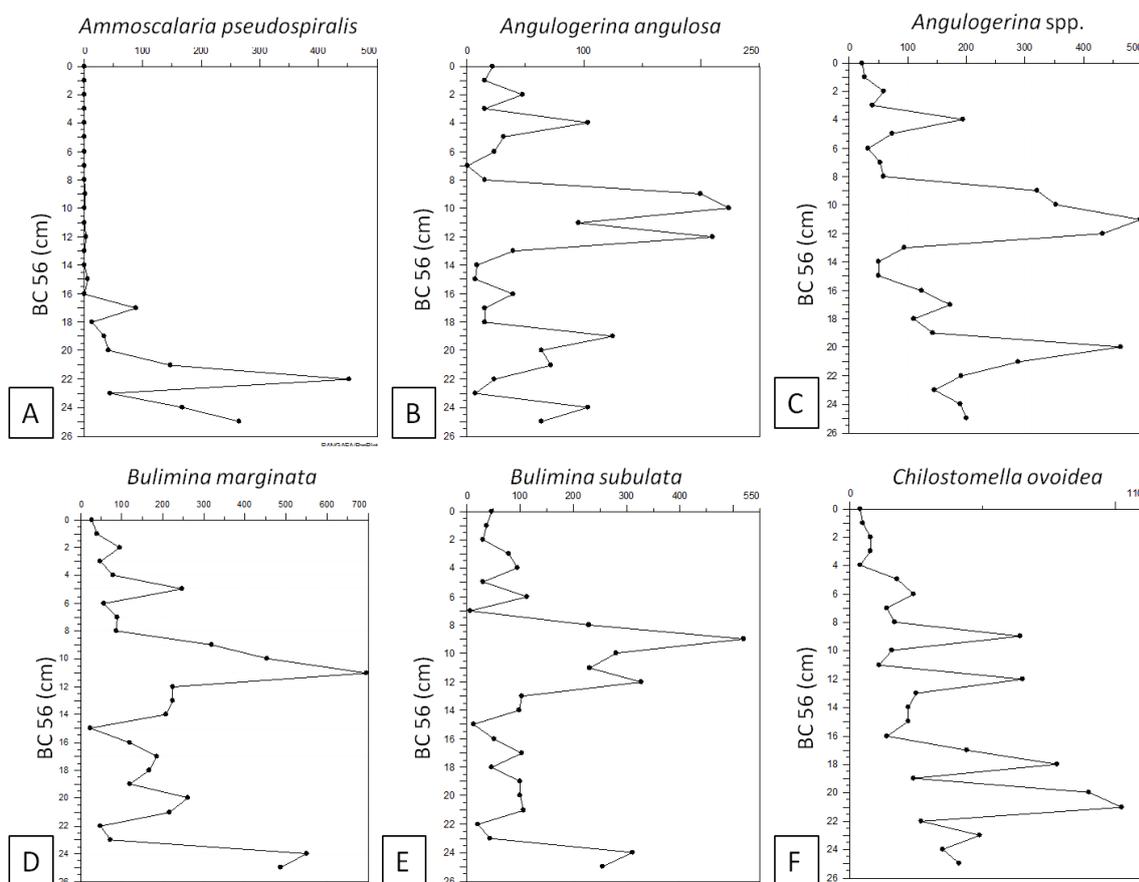


Fig. 10. Distribución de *Ammoscalaria pseudospiralis* (A), *Angulogerina angulosa* (B), *Angulogerina* spp.(C), *Bulimina marginata* (D), *Bulimina subulata* (E) y *Chilostomella ovoidea* (F) a lo largo del testigo. La profundidad se representa de tope a base.

Amoscalaria pseudospiralis, presentó una disminución en los valores de densidad entre los 26 a los 24 cm (265 a 45 individuos) de profundidad, y un máximo a los 23 cm (452 individuos). Posteriormente se observa a partir de esta profundidad una disminución continua hasta su desaparición hacia el tope del testigo.

Tanto para *Angulogerina angulosa* como para *Angulogerina* spp. se observa un patrón similar de distribución espacial. En ambos casos se observa una disminución leve hacia los 24cm de profundidad de base a tope, luego para *Angulogerina angulosa* ocurre un gradual aumento hasta llegar a un aumento de densidad a los 20 cm (125 individuos), mientras que para *Angulogerina* spp. se observa un aumento similar pero más pronunciado con un valor de 462 individuos a los 21cm. Ambas especies disminuyen en densidad hacia los 19 cm y a los 12 cm se produce el mayor valor de densidad de *Angulogerina* spp. (496 individuos). Por su parte, *Angulogerina angulosa*, registra un aumento a los 13 cm (210 individuos) y un máximo a los 11 cm (224 individuos).

Al igual que las especies, anteriormente descritas, *Bulimina marginata* y *Bulimina subulata* presentan patrones de distribución de densidad similares a lo largo del testigo. Para ambas se observa una tendencia a la disminución desde los 26 a 23 cm de profundidad, respectivamente. En ambos casos no ocurren cambios significativos, hasta los 16 cm, donde ocurre un mínimo de densidad (24 y 14 individuos respectivamente). A partir de este centímetro ocurre un marcado aumento de los valores en la distribución de *Bulimina marginata*, con un máximo de 696 individuos a los 12 centímetros de profundidad, mientras que *Bulimina subulata* presenta su máxima densidad a los 10 cm de profundidad (520 individuos). Finalmente en ambos casos se produce un rápido decrecimiento hacia la superficie del testigo.

La especie *Chilostomella ovoidea* presenta un patrón de distribución el cual tiende a disminuir desde la base a tope del testigo. La máxima densidad corresponde a los 22 cm de profundidad (102 individuos).

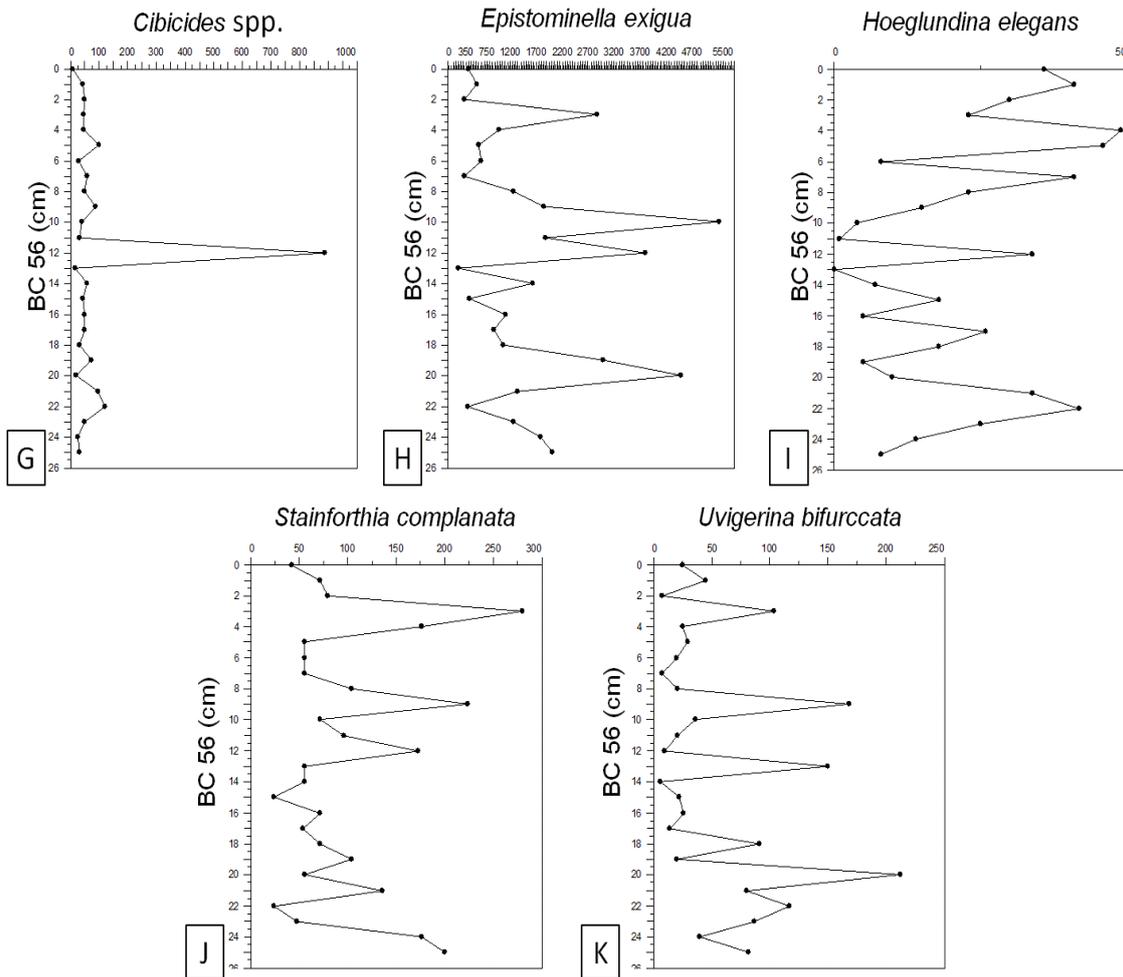


Fig. 11. Distribución de *Cibicides* spp. (G), *Epistominella exigua* (H), *Hoeglundina elegans* (I), *Stainforthia complanata* (J), y *Uvigerina bifurcata* (K) a lo largo del testigo. La profundidad se representa de tope a base.

Cibicides spp. presentó densidades relativamente bajas a lo largo del testigo (entre 6 y 121 individuos). El máximo valor fue observado a los 13 cm de profundidad (888 individuos).

En cuanto a *Epistominella exigua* se observó que hubo una disminución en la densidad alcanzando un mínimo a los 23 cm de profundidad (376 individuos). Seguidamente se produce un rápido incremento en la densidad alcanzando un aumento importante a los 21 cm, que luego decae considerablemente hasta los 18 cm. En los siguientes tramos del testigo no se observan cambios de gran importancia, hasta que a los 14 cm se produce nuevamente un aumento en la densidad alcanzando un aumento a los 13 cm. El máximo valor fue observado a los 11 cm de profundidad (5208 individuos).

Para *Stainforthia complanata* se observó una tendencia decreciente desde la base hasta los 16 cm donde ocurre el mínimo de densidad (24 individuos). El máximo de densidad (280 individuos) fue observado a los 4 cm de profundidad.

Hoeglundina elegans presenta una tendencia creciente en su distribución de la base al tope. A los 23 cm de profundidad ocurre un aumento importante en la densidad (42 individuos). Posteriormente se observa una tendencia a la disminución de la densidad hasta alcanzar un mínimo a los 14 cm (0 individuos). A los 13 cm ocurre otro gran aumento alcanzando los 34 individuos, que rápidamente decae hasta los 12 cm (1 individuo). A partir de los 12 cm, ocurre una tendencia de aumento de la densidad hacia la superficie, alcanzando el máximo de densidad a los 5 cm de profundidad con 49 individuos.

Finalmente *Uvigerina bifurcata* presentó el máximo de densidad a los 21 cm de profundidad (212 individuos). Posteriormente se observa un rápido decrecimiento hacia los 15 cm (6 individuos), donde nuevamente aumenta la densidad hasta los 14 cm (150 individuos), disminuyendo hacia los 13 cm (10 individuos). A los 10 cm de profundidad se observa un gran aumento (168 individuos) el cual decrece hasta los 8 cm de profundidad (8 individuos) y que nuevamente aumenta hasta los 4 cm de profundidad alcanzando otro aumento de 104 individuos disminuyendo hacia la superficie (25 individuos).

A lo largo del testigo, desde la base al tope, se observó una dominancia de especies infaunales en relación a las especies epifaunales. De las especies identificadas, 4 son consideradas epifaunales y 19 infaunales (figura 12).

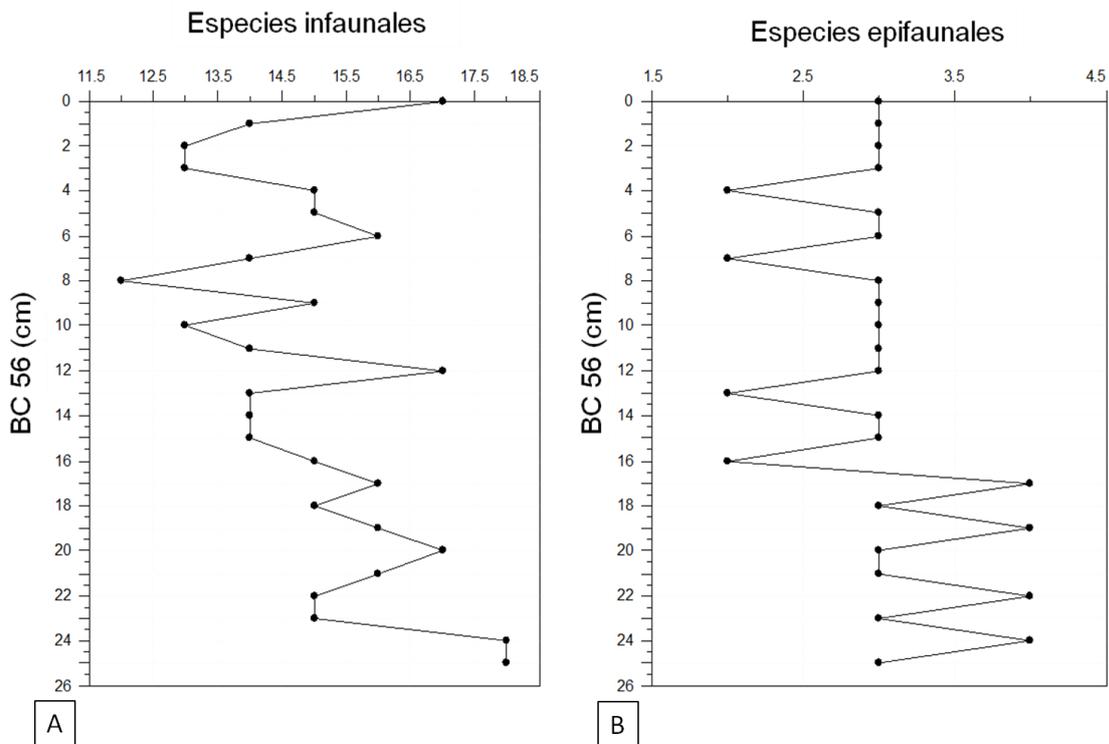


Fig. 12. Distribución de las especies de foraminíferos bentónicos clasificados como infauna (A) y epifauna (B) a lo largo del testigo. La profundidad se representa de tope a base.

Desde la base al tope del testigo, la mayor densidad de especies infaunales se observa a los 26 y 25 cm respectivamente (18 especies). Luego esta distribución decrece hacia los 14 cm donde aumenta nuevamente hasta un a los 13 cm de profundidad (17 especies). Seguidamente ocurre una disminución de la densidad, con alternancias, hasta alcanzar el mínimo más importante a los 9 cm (12 especies) y que luego aumenta rápidamente hasta los 7 cm (16 especies). Posteriormente ocurre una disminución hacia los 4 cm (13 especies) y finalmente vuelve a aumentar hacia la superficie del testigo (17 especies).

En cuanto a la epifauna, no se observan cambios de gran importancia a lo largo del testigo. De los 26 a 18 cm respectivamente se observa una mayor densidad de especies epifaunales (entre 3 y 4 especies) en relación a los estratos superiores, donde ocurre una disminución de la densidad a los 17 cm (2 especies), que luego permanece relativamente estable hacia la superficie del testigo.

Las especies de foraminíferos bentónicos se clasificaron de acuerdo con características del tipo sedimento, indicadores de condiciones de O₂, hábito alimenticio, ambiente en el cual habitan, tipo de pared, suborden y microhábitat. La tabla conteniendo estos datos se encuentra en el Anexo IV, así como también las referencias taxonómicas de los microhábitats asignados.

4.7.3 Estimadores ecológicos

4.7.3.1 Estimador BFHP

Este estimador varió de 21 y 30% a lo largo del testigo y presentó una tendencia de aumento de base a tope del testigo. A los 23 cm de profundidad se observa el mínimo más importante (21%) que aumenta hasta alcanzar 29% a los 15 cm de profundidad, finalmente los valores oscilan hasta que a los 3 cm de profundidad se alcanza el valor máximo (30%). Finalmente los valores disminuyen levemente hacia la superficie (figura13).

4.7.3.2 Estimador BFOI

El índice BFOI varió de 29 a 40% a lo largo del testigo. Los resultados muestran dos máximos importantes a lo largo del testigo. El primero se observó a los 23 cm de profundidad (40%) y el segundo a los 9 cm de profundidad (40 %). El resto de los valores oscilan en torno a los 29 y 33% (figura 13).

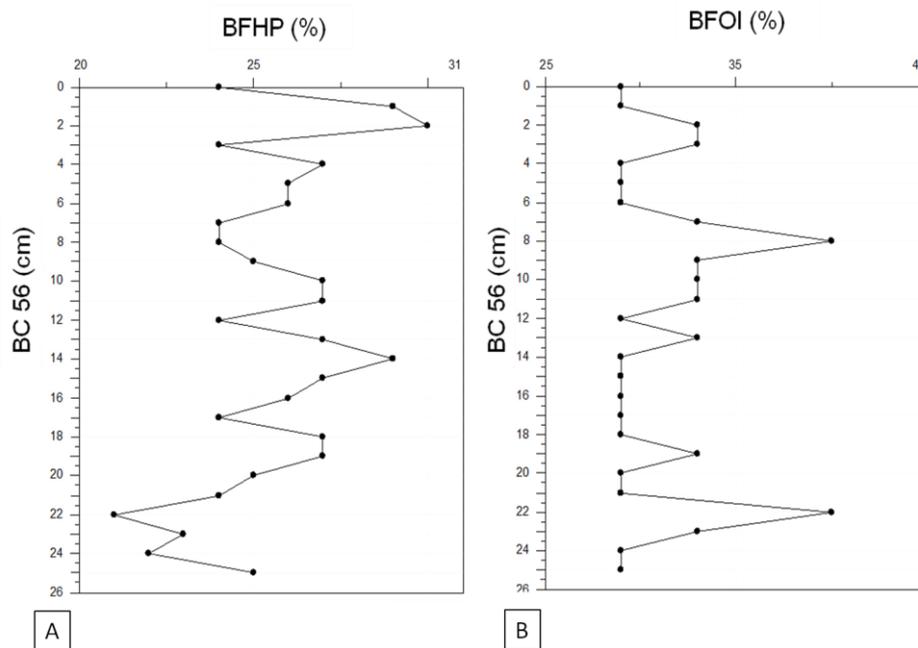


Fig. 13. Distribución de los estimadores BFHP (%) (A) y BFOI (%) (B) a lo largo del testigo de base a tope.

4.7.4 Estimadores ecológicos

De la base al tope del testigo, se observó que tanto para la diversidad de Shannon (H'), como para la equitatividad de Pielou (J'), existe un patrón de distribución similar a lo largo de la columna sedimentar. Para (H') el mayor valor se ubicó a los 23 cm de profundidad (2,398), mientras que para (J') el mayor valor se ubicó a los 3 cm de profundidad (0,783). En ambos casos, los valores oscilan de base a tope, obteniéndose el mínimo valor a los 20 cm de profundidad (1,172 y 0,360 respectivamente). La riqueza (R'), por otro lado, muestra una tendencia de disminución en el número de especies desde la base al tope a lo largo del testigo. A los 26 y 25 cm de profundidad ocurre el mayor valor (27 especies) y a los 3 cm de profundidad el valor mínimo (20 especies). Finalmente se observa un incremento hacia la superficie, alcanzando 25 especies (figura 14).

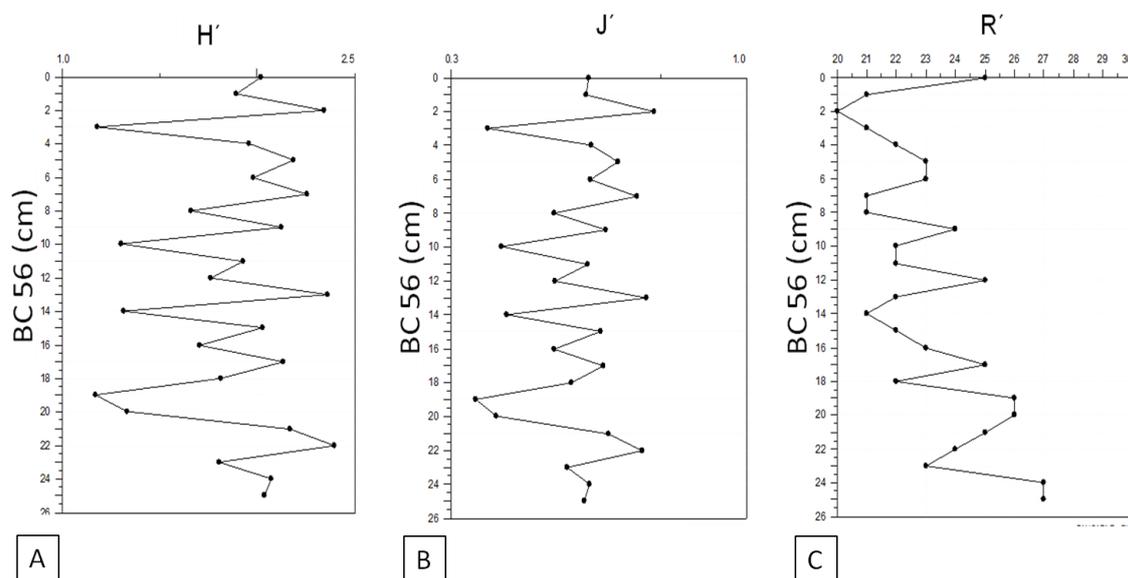


Fig. 14. Distribución de los valores obtenidos para los descriptores biológicos, diversidad de Shannon (H') (A), equitatividad de Pielou (J') (B), y Riqueza (R') (C) a lo largo del testigo de base a tope.

Las densidades de cada fracción de tamaño (D_{250} y D_{63}), la densidad total de foraminíferos (D_t), la equidad (J'), riqueza específica total (R'), diversidad de Shannon (H') y el estimador BFHP para cada estrato a lo largo del testigo se muestran en la Tabla 2.

4.8 Análisis estadísticos

4.8.1 *Análisis de Componentes principales (PCA)*

El PCA realizado con las variables abióticas seleccionadas permitió identificar dos ejes principales que juntos explican aproximadamente el 67,3% de la varianza total de los datos, siendo que el primer eje contribuyó con un porcentaje total de 31,9% y el segundo eje con 28,7% (figura 15). El eje 1 se correlacionó positivamente con los porcentajes de C_{org} , de limo y arcilla, valores de $\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$, y la razón C/N y negativamente con el porcentaje de Nt. Por su parte el eje 2, se correlacionó positivamente con las concentraciones de $CaCO_3$, $\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$ y la razón C/N y negativamente con los porcentajes de arena, limo y C_{org} total y con el Nt (figura 15).

El análisis permitió diferenciar cuatro grupos. El primer grupo (G1) corresponde a la Fase 3 definida en la base a la distribución de los foraminíferos y está constituida por los estratos ubicados en los primeros centímetros de profundidad (tope) del testigo siendo estos 0_1, 3_4, 5_6, 6_7 y 7_8. Este grupo presentó en el eje 1 una correlación positiva con el CaCO_3 , $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ y C/N y en el eje 2 una correlación negativa con el C_{org} , limo, arcilla y Nt. Por tanto este grupo se vio definido por presentar los mayores porcentajes de CaO_3 y de arena. El segundo grupo (G2) estuvo formado por los estratos ubicados en los centímetros 1_2 y 4_5. Este grupo mostró una fuerte relación con los porcentajes de limo, arcilla y C_{org} . El grupo tres (G3) estuvo formado por los estratos ubicados en los centímetros 9_10, 11_12, 13_14, 15_16 y 19_20. Para este grupo se observó en el eje 1 una correlación positiva con CaCO_3 , $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ y con la relación C/N y en el eje 2 una correlación negativa con el limo, la arcilla, C_{org} y Nt. Por tanto este grupo se vio definido por presentar los mayores valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$. Finalmente el grupo 4 (G4) estuvo formado por los estratos ubicados en los centímetros 17_18, 21_22, 22_23 y 25_26. Para este grupo se observó en el eje 1 una correlación negativa con el CaCO_3 , $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ y C/N y para el eje 2 una correlación positiva con Nt y C_{org} . Por tanto este grupo estuvo definido por presentar los mayores valores de Nt y en menor medida por presentar altos valores de C_{org} (figura 15).

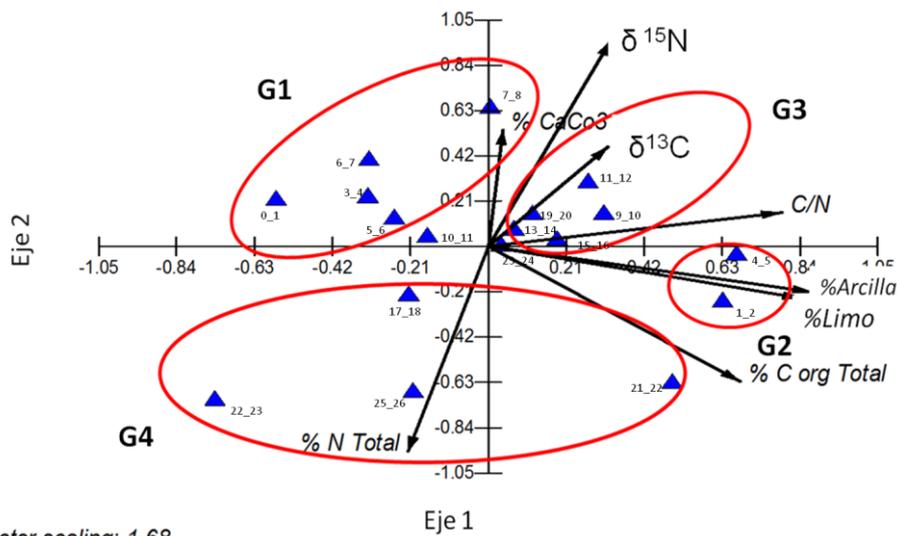


Fig. 15- Análisis de componentes principales. Se muestra la importancia relativa de cada variable abiótica explicada por los 2 primeros componentes (ejes) junto con el diagrama de ordenamiento de los estratos. C_{org} = porcentaje de carbono orgánico total, δ¹³C=proporción isotópica del carbono 13, δ¹⁵N=proporción isotópica del nitrógeno 15, CaCO₃= porcentaje de carbonato de calcio, Nt=porcentaje de nitrógeno total, % limo, % arcilla, razón C/N y % CaCO₃.

4.8.2 Análisis de Escalonamiento Multidimensional no paramétrico (nMDS)

El nMDS tendió a separar los estratos a lo largo del testigo en tres zonas identificadas como grupos de acuerdo a las especies más representativas. Se observó que el grupo A (GA) estuvo formado por la Fase 3 correspondientes a los primeros centímetros (tope), siendo estos 0_1, 1_2, 2_3, 3_4, 4_5, 5_6, 7_8 y 8_9. El grupo B (GB) estuvo formado por la Fase 2 correspondiente a los estratos ubicados en la zona intermedia del testigo, siendo estos 10_11, 11_12, 14_15 y 16_17. Finalmente el grupo C (GC) estuvo constituido por la Fase 1 correspondiente a los estratos ubicados en los últimos centímetros del testigo (base) siendo estos 15_16, 17_18, 18_19, 19_20, 20_21, 21_22, 22_23, 23_24, 24_25 y 25_26. Se observó un grupo de estratos que quedaron por fuera de estos grupos siendo estos 6_7, 9_10 y 12_13 y 13_14 (figura17).

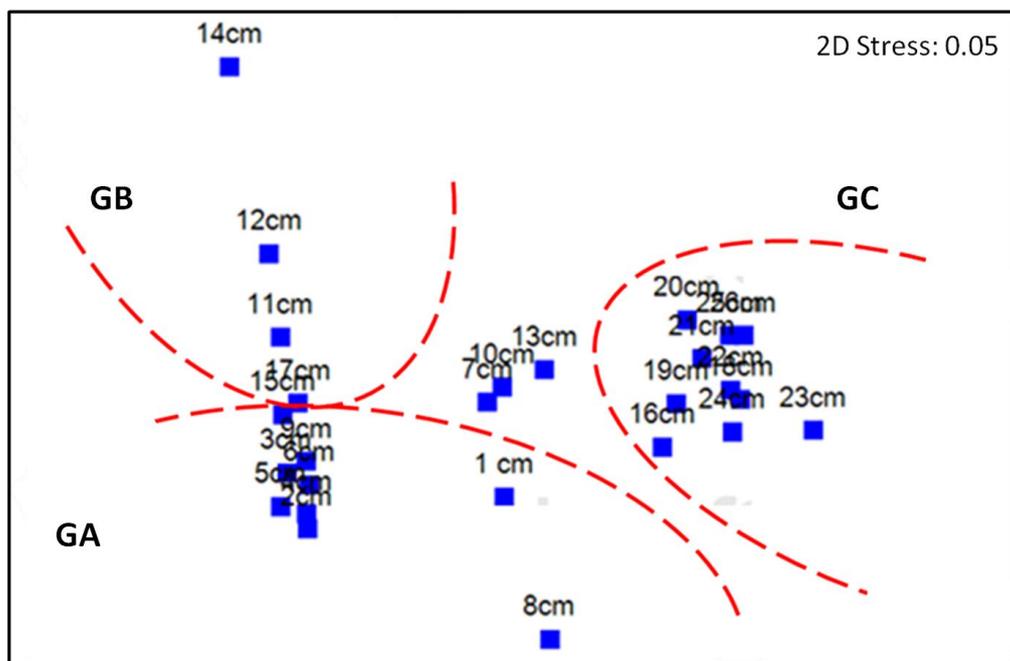


Fig. 16. nMDS indicando las relaciones de similitud entre los estratos analizados. Stress = 0.05.

4.9 Relación entre parámetros bióticos y abióticos

4.9.1 Correlación lineal de Pearson

De acuerdo con los resultados presentados en Anexos IV, se observa que para la variable D_t existe una correlación significativa positiva con el porcentaje de limo (valor de correlación = 0,31) así como con el Nt (valor de correlación = 0.39). Para $D_{t 0.250}$ se observó una correlación significativa positiva con las concentraciones de Ba, Nt y la relación Ti/Ca (valores de 0,59, 0,57 y 0,64, respectivamente). También se observó una correlación significativa negativa con las concentraciones de Ca, Fe y $\delta^{15}\text{N}$ (valores de -0,44, -0,58 y -0,40, respectivamente). En cuanto a la $D_{t 0.063}$ se observó una correlación significativa negativa con el porcentaje de arena (valor = -0,33) y significativamente positiva con porcentaje del limo (valor = 0,34).

Para la especie dominante *A. pseudospiralis*, se observó una correlación significativa positiva con porcentajes de Al, Ba, Ti, Nt y la razón Ti/Ca (valores = 0,71, 0,81, 0.63, 0,74 y 0,91, respectivamente). Así mismo se observó una

correlación significativa negativa con las concentraciones de Fe, CaCO_3 , $\delta^{15}\text{N}$, razón C/N y Fe/Ca (valores = -0,70, -0,40, -0,82, -0,47 y -0,64 respectivamente). La especie *Angulogerina* spp. presentó correlación significativa negativa con porcentaje de arena (valor = -0,40) y significativa positiva con concentraciones de limo y Nt (valor = 0,41 y 0,36, respectivamente). Para *Ch. ovoidea* se observó una correlación significativa positiva con valores de limo, arcilla, Ba, C_{org} y Nt, (valores = 0,47, 0,33, 0,35, 0,30, y 0,58, respectivamente. Mientras que también se observó una correlación significativa negativa con la arena (valor = -0,49). En cuanto a *Cibicides* spp. se registró una relación significativa negativa con $\delta^{15}\text{N}$, (valor = -0,36). *E. exigua* presentó una relación significativa positiva con porcentajes de Ca (valor = 0,35). La especie *S. complanata* presentó una correlación significativa negativa con el Al, Ba, Ca, P y Ti (valores = -0,57, -0,36, -0,45, -0,52 y -0,53, respectivamente). También se observó una correlación significativa positiva con la relación Ba/Ti (valor = 0,46). En cuanto a la especie *H. elegans* se observó una correlación significativa negativa con el Ca, Fe, P y CaCO_3 (valores = -0,46, -0,64, -0,53 y -0,45, respectivamente). También se observó una correlación positiva con la razón Ba/Ti (valor = 0,48). Para la especie *U. bifurcata* se observó una correlación significativa positiva con el limo, Ba, Nt y la razón Ti/Ca (valores = 0,37, 0,44, 0,55, 0,46, respectivamente). Se observó también una correlación significativa negativa con arena (valor = -0,37). Las especies *A. angulosa*, *B. marginata* y *B. subulata* No se correlacionaron significativamente con las variables abióticas.

En cuanto a los estimadores ecológicos, la diversidad de Shannon (H'), correlacionó significativa y negativamente con concentraciones de Fe y CaCO_3 (valores = -0,44 y -0,48, respectivamente). La Riqueza (R') mostró correlación significativa positiva con concentraciones de Ba y Nt, (valor = 0,46 y 0,66, respectivamente). Así mismo, correlacionó significativa negativamente con $\delta^{13}\text{C}$ (valor = -0,42). La equitatividad de Pielou (J') presentó correlación significativa negativa con Fe y CaCO_3 (valor = -0,40 y -0,44, respectivamente). Finalmente, para la razón P/B, se observó correlación significativa negativa con el Nt (valor = -0,63) y significativamente positiva con Ca y $\delta^{13}\text{C}$ (valor = 0,41 y 0,45, respectivamente).

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados abióticos y bióticos el testigo fue dividido en tres Fases, siendo estas la Fase 1 (base del testigo), Fase 2 (porción intermedia de la columna sedimentar) y la Fase 3 (tope del testigo). No obstante, los resultados obtenidos por la datación radiométrica indican la edad más reciente asociada a la base del testigo (aproximadamente 16 cm, 1290 ± 30 A.P.) y una edad más antigua asociada al tope del testigo (1^{er} centímetro, 2690 ± 30 A.P.). Esto estaría indicando la existencia de inversiones en la columna sedimentar analizada.

Debido a estas inversiones registradas, discutiremos primero cada una de las Fases en el orden observado para luego interpretar dichas inversiones.

Fase1

Esta Fase está caracterizada por una mayor contribución continental constatada por los altos valores de sedimentos finos, altas concentraciones de los elementos Ti y Al, altos valores de la razón Ti/Ca y bajas concentraciones de CaCO₃. Los altos valores de Al y Ti encontrados en esta Fase, son correspondientes a valores similares encontrados por Burone et. al. 2013 para la porción externa del río de la Plata, indicando la presencia por tanto del alto contenido de material fino en la Fase. Así mismo, se corresponde con el Grupo 4 del PCA (el cual correlacionó positivamente con las concentraciones de N_t y C_{org}) y el Grupo C del MDS representado por las especies infaunales (*Epistominella exigua* y *Ammoscalaria pseudospiralis*) y especies indicadoras de ambientes tanto óxicos como hipóxicos, siendo éstas: *Epistominella exigua* (oportunista; Sun et al., 2005; Murray, 2006), *Bulimina subulata* (infaunal y oportunista; Murray, 2006), *Bulimina marginata* (infaunal y oportunista; Murray, 2006), *Stainforthia complanata* (oportunista e indicadora de ambientes anóxicos; Kaiho, 1994; Murray, 2006), *Ammoscalaria pseudospiralis* (oportunista e infaunal, tolera hipoxia e incluso períodos de anoxia; Murray, 2006), *Chilostomella ovoidea* (oportunista e infaunal, tolera hipoxia e incluso períodos de anoxia; Murray, 2006), *Angulogerina* spp. (infaunal, ambientes óxicos a anóxicos; Murray, 2006) y especies de ambientes óxicos tales como *Angulogerina angulosa* (Infaunal, ambientes óxicos, Murray, 2006) y *Uvigerina bifurcata* (infaunal, ambiente óxico, Murray, 2006). Esta Fase se caracterizó por

presentar altas densidades totales de foraminíferos, así como una mezcla de especies tanto de plataforma como del talud continental. También estuvo caracterizada por la presencia de especies de ambientes tanto de alta como de baja hidrodinámica.

Estos resultados estarían evidenciando un ambiente con una hidrodinámica de energía relativamente menor en relación al resto de las Fases observadas, dada los altos porcentajes de sedimento fino, altos porcentajes de materia orgánica y la alta densidad de especies infaunales (Kaminski y Hebble, 1985; Kaminski y Schroeder, 1987 y Murray, 2006). Esto resulta también confirmado por las correlaciones observadas entre la D_t y el porcentaje de limo y N_t , los cuales muestran una correlación significativa positiva, así como también por la fuerte correlación significativa positiva de *A. pseudospiralis* con sedimentos con alto contenido de Al, Ti, N_t y de la razón Ti/Ca indicando su preferencia a ambientes de baja hidrodinámica.

Por su parte, los índices BFHP y BFOI apuntan condiciones de menor productividad en relación a las otras Fases y alto porcentaje de oxígeno.

Fase 2

Esta fase localizada en la zona intermedia del testigo está caracterizada por una menor contribución continental constatada por una leve disminución en el contenido de sedimento fino y consecuentemente un aumento en el porcentaje de arena, bajos valores de las razones Fe/Ca y Ti/Ca así como también por mayores concentraciones de CaCO₃ y P.

No obstante se registraron valores elevados de Al, Ti y Fe, lo que estaría reflejando contribución de material terrígeno. Este aspecto que podría considerarse una contradicción en los resultados será discutido más adelante.

Esta fase coincide con el Grupo 3 del PCA (el cual correlacionó positivamente con los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$, reflejando el alto contenido de materia orgánica en la zona así como la alta productividad) y el Grupo B del MDS representado por las especies infaunales *E.exigua-B.marginata*. Así mismo, se caracteriza por presentar los mayores valores de densidades totales de foraminíferos y alta

densidad de especies indicadoras de elevada productividad *Bulimina marginata*, *Bulimina subulata*, *Epistominella exigua*, *Nonionella stella*, *Stainforthia complanata* y *Uvigerina bifurcata* (Martins et al. (2007) constatado por los valores del índice BFHP así como por las altas concentraciones de CaCO_3 y los elevados valores de Ca y P. Esta Fase también presenta altos valores de especies oportunistas infaunales y epifaunales así como también especies características de ambientes hipóxicos y óxicos, siendo estos; *Epistominella exigua* (oportunista; Sun et al., 2005; Murray, 2006), *Bulimina subulata*. (infaunal y oportunista; Murray, 2006), *Bulimina marginata* (infaunal y oportunista; Murray, 2006), *Stainforthia complanata* (oportunista e indicadora de ambientes anóxicos; Kaiho, 1994; Murray, 2006), *Chilostomella ovoidea* (oportunista e infaunal, tolera disoxia e incluso períodos de anoxia; Murray, 2006), *Angulogerina* spp. (infaunal, ambientes óxicos a anóxicos; Murray, 2006), *Hoeglundina elegans* (epifaunal, oportunista, ambientes óxicos a anóxicos, Murray, 2006), y especies de ambientes óxicos tales como *Cibicides* spp. (infaunal, oportunista, ambientes óxicos, Kaiho, 1994; Murray, 2006), *Angulogerina angulosa* (Infaunal, ambientes óxicos, Murray, 2006) y *Uvigerina bifurcata* (infaunal, ambiente óxico, Murray, 2006). Al igual que en la fase anterior, se observó una mezcla de especies tanto de plataforma continental como de talúd y un aumento de las especies epifaunales. De igual forma se observan especies tanto de baja como de alta hidrodinámica.

Estos resultados estarían evidenciando un ambiente con un incremento de la energía hidrodinámica en relación a la Fase anteriormente descrita (aumento del sedimento más grueso y la alta densidad de especies tanto infaunales como epifaunales) (Kaminski & Hebble, 1985; Kaminski & Schroeder, 1987 y Murray, 2006). Esto resulta también confirmado por el registro del mayor valor observado en esta Fase tanto de la especie *Angulogerina angulosa* como de *Cibicides* spp. las cuales se las relaciona a fuertes corrientes de fondo bien oxigenadas reflejadas por los altos valores del índice BFOI y elevadas tasas de flujo orgánico típicas de la corriente de Malvinas. La presencia de las especies de foraminíferos planctónicos *Globorotalia inflata*, *Orbulina universa*, *Globigerina bulloides* y *Globorotalia truncatulinoides*, sugieren también la existencia de

aguas frías de zonas de transición entre aguas subtropicales y polares en el Atlántico Sur (Bé y Hutson, 1977; Niebler y Gersonde, 1998).

Fase 3

Esta fase localizada en la zona superficial o tope del testigo está caracterizada por un aumento en el porcentaje de arena, mayores concentraciones de CaCO_3 , elevados valores de $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ y bajos valores de la razón C/N (lo que sugiere un ambiente con alta productividad marina y alta hidrodinámica; Saito, 1989; Prahl, 1994; Zeebe & Wolf-Gladrow, 2001; Lacerda & Marins, 2006). La elevada productividad marina para esta Fase estaría representada por las altas densidades de las especies *Bulimina marginata*, *Bulimina subulata*, *Epistominella exigua*, *Nonionella stella*, *Stainforthia complanata* y *Uvigerina bifurcata* (Martins et al. (2007), al igual que la Fase 2, reflejado principalmente por los valores obtenidos de los porcentajes de CaCO_3 , Corg, N_t y de la razón Ba/Al, así como también del mayor valor obtenido del índice BFHP en esta zona del testigo.

Esta Fase coincide con el Grupo 1 y 2 del PCA (el cual correlacionó positivamente con el alto porcentaje de arena, CaCO_3 y de C_{org} reflejando el alto contenido de sedimento grueso en la zona así como también la alta productividad) y el Grupo A del MDS representado por las especies infaunales *E.exigua*- *S.complanata*.

Así mismo, esta Fase se caracteriza por presentar altos valores de densidades totales de foraminíferos y la mayor densidad de especies indicadoras de elevada productividad con especies oportunistas, infaunales y mayoritariamente epifaunales así como también especies características de ambientes óxicos y disóxicos. Estas fueron; *Epistominella exigua* (oportunista; Sun et al., 2005; Murray, 2006), *Bulimina subulata*. (infaunal y oportunista; Murray, 2006), *Bulimina marginata* (infaunal y oportunista; Murray, 2006), *Stainforthia complanata* (oportunista e indicadora de ambientes anóxicos; Kaiho, 1994; Murray, 2006), *Chilostomella ovoidea* (oportunista e infaunal, tolera disoxia e incluso períodos de anoxia; Murray, 2006), *Angulogerina* spp. (infaunal, ambientes óxicos a anóxicos; Murray, 2006), *Hoeglundina elegans* (epifaunal, oportunista, ambientes óxicos a anóxicos, Murray, 2006), y especies de

ambientes óxicos tales como *Angulogerina angulosa* (Infaunal, ambientes óxicos, Murray, 2006) y *Uvigerina bifurcata* (infaunal, ambiente óxico, Murray, 2006).

Estos resultados estarían evidenciando un ambiente con una elevada energía hidrodinámica en relación al resto de las Fases observadas, debido al aumento del sedimento más grueso y la alta densidad de especies tanto infaunales como epifaunales (Kaminski & Hebble, 1985; Kaminski & Schroeder, 1987 y Murray, 2006).

Para entender los cambios en las diferentes Fases descritas y las inversiones observadas debemos considerar algunos aspectos, entre ellos la localización del mismo y las características geomorfológicas, sedimentológicas e hidrodinámicas. El testigo en estudio se localiza en el talud medio correspondiéndose con la terraza contornítica T2 identificada por Hernández Molina *et. al.* (2015) para nuestro margen continental. Esta terraza es la continuación de la Terraza Ewing presente en el margen Argentino (Hernández – Molina *et. al.*, 2009, 2015) y es parte de Sistema Deposicional Contornítico (CDS) influenciado por el desplazamiento de las masas de agua subantárticas características del margen continental Argentino (Hernández-Molina *et. al.*, 2009; Violante *et. al.*, 2010). Este proceso paralelo al talud se manifiesta tanto en la sedimentación superficial (Frenz *et. al.*, 2003; Bozzano *et. al.*, 2011) como sub-superficial (Hernández-Molina *et. al.*, 2009; Violante *et. al.*, 2010).

De acuerdo con Hernández-Molina *et. al.* (2015) la terraza (T2) es consecuencia de la acción de interface entre el Agua Intermediaria Antártica (AAIW) y la Circumpolar Superior Profunda (UCDW).

Otro importante proceso que ocurre en nuestra región son los deslizamientos submarinos y los transportes gravitacionales de sedimento. Los mismos han sido descritos por Krastel *et. al.*, 2011; Ai *et. al.*, 2014 y Hernández-Molina *et. al.*, 2015.

En este sentido considerando la inversión de las dataciones obtenidas así como las características compartidas de la Fase 2 (con la Fase superior 3 y la inferior 1) podemos atribuirlo a la acción combinada de procesos longitudinales

(contorníticos) y transversales (deslizamientos submarinos y transportes gravitacionales) actuando en el talud.

Esta combinación de procesos estaría respaldada por el hecho de que tanto en la Fase 2 como en la 3, fue observada la mayor cantidad de fragmentos y restos de rocas de tamaños entre 2 y 5 centímetros, registrándose foraminíferos en su mayoría quebrados y en algunos casos imposibles de identificar, lo cual estaría corroborando la presencia de una alta energía hidrodinámica en ambos casos, trabajando sobre sedimentos contorníticos. Así también, los resultados contradictorios obtenidos del Al, Ti y Fe en esta Fase podría ser explicado por estos procesos.

De acuerdo con Franco – Fraguas *et. al.* (2014) esta región se caracteriza por la presencia de arena muy fina y altos contenidos de limo en el talud superior mientras que en el talud medio el tamaño de grano incrementa. Esto se vincularía con las diferencias observadas en el tamaño de grano en las diferentes Fases.

En lo que respecta a la productividad marina, si bien se observan cambios en las diferentes Fases, podemos considerar que la misma se ha mantenido con altos valores. Esto concuerda con los resultados obtenidos por De Mello *et. al.*, 2014 utilizando modelos tróficos basados en la distribución de foraminíferos bentónicos y Franco-Fraguas *et. al.* (2014) utilizando un enfoque *multiproxie*.

Conclusiones finales

Este estudio generó un nuevo aporte acerca de los procesos longitudinales (contorníticos) y transversales (deslizamientos submarinos y transportes gravitacionales) actuando en el talud, en una región que presenta un Sistema Contornítico bien desarrollado. Estos procesos fueron evidenciados a partir de los diferentes proxies utilizados tanto abióticos (tamaño de grano, presencia de rocas) como bióticos (caparazones de foraminíferos muy fragmentados). Así mismo, la inversión estratigráfica en el testigo analizado estaría corroborando la existencia de procesos transversales.

Por otro lado, los datos de productividad marina apuntan a una zona de alta productividad con variaciones asociadas posiblemente a los diferentes procesos actuantes en la región.

Las especies de foraminíferos planctónicos encontrados son la impronta de la Corriente de Malvinas y caracterizan la presencia de masas de agua antárticas.

Se destaca la importancia del uso de dataciones en reconstrucciones temporales para la correcta interpretación de los eventos así como la sucesión de eventos sedimentarios.

Este estudio resalta una vez más la importancia de utilizar *proxies* tanto bióticos (foraminíferos) como abióticos (análisis geoquímicos) en los estudios de reconstrucciones ambientales.

Perspectivas de trabajo

Se evidencia la necesidad de realizar más estudios actualistas en foraminíferos, especialmente en los requerimientos ecológicos y su taxonomía para poder inferir (paleo)ambientes con el menor grado de incertidumbre. Así mismo, es necesario que las especies estén bien caracterizadas, con la mayor cantidad de información asociada, para poder hacer inferencias más valiosas.

Resulta de gran importancia profundizar en más estudios como estos y se evidencia la necesidad de aumentar el número de testigos así como la longitud de los mismos para tener un mayor entendimiento de lo que sucede en nuestro margen continental.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ai, F.; Förster, A.; Stegmann, S.; Kopf, A.J., 2014: Geotechnical Characteristics and Slope Stability Analysis on the Deeper Slope of the Ligurian Margin, Southern France. In: Kyoji Sassa, Paolo Canuti, Yueping Yin (eds.), *Landslide Science for a Safer Geoenvironment*, Volume 3: Targeted Landslides. Springer International Publishing AG, Switzerland, 549-555.
- Altenbach, A. V., 1985. Die Biomasse der benthischen Foraminiferen. Auswertungen von "Meteor"- Expedition im ostlichen Nordatlantik. Doctorat Thesis, University of Kiel, Germany.
- Altenbach, A. V., 1988. Deep sea benthic foraminifera and flux rate of organic carbon. *Revue de Paleobiologie (special vol.)* 2:719-720.
- Altenbach, A. V., Sarnthein, M., 1989. Productivity record in benthic foraminifera. In: Berger, W.H., Smetacek, V. S., Wefer, G. (Eds.), *Productivity of the Ocean: Present and Past*. Wiley, Chichester, pp. 255–269.
- Altenbach, A.V., 1992. Short term processes and patterns in the foraminiferal response to organic flux rates. In: van der Zwaan G. J., Jorissen F. J.; Zachariasse, W. J. (Editors). *Approaches to Paleoproductivity Reconstructions*. *Mar. Micropaleontology* 19:119-129.
- Andrade, P. C., 2011. Variações de paleoprodutividade na plataforma continental interna ao largo de Itajaí- SC (26°59'16.8''S - 0.48°0.4'33.6''W) durante o Holoceno: uma abordagem de multi-indicadores. Dissertação apresentada ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção de Título de Mestre em Ciências, área de Oceanografia Química e Geológica. 168 pp.
- Arz, H.W., Pätzold, J., Wefer, G., 1998. Correlated millennial-scale changes in surface hydrography and terrestrial sediment yield inferred from last- glacial marine deposits off northeastern Brazil. *Quaternary Research*. 50: 157-166.
- Ayup-Zouain, R.N., Corrêa, I.C.S., Tomazelli, L.J., Dillenburg, S.R. 2001. Dispersão e proveniência dos minerais pesados nos sedimentos de fundo da plataforma continental sul-brasileira, uruguaia e norte-argentina. Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário. Imbé, Brasil, 126-127.
- Bé, A.W.H. & Hutson, W.H. (1977): Ecology of planktonic foraminifera and biogeographic patterns of life and fossil assemblages in the Indian Ocean. - *Micropaleontology*, 23, 369-414.
- Bé, A. W. H. 1977. An ecological, zoogeographic and taxonomic review of recent planktonic foraminifera. In: *Oceanic Micropaleontology*. A. T. S. Ramsay (Ed.), Academic Press, New York. 1:1-100.
- Bender, V.B., Hanebuth, T.J.J., Mena, A., Baumann, K. H., Francés, G., von Döbeneck, T., (2012). Control of sediment supply, palaeoceanography and morphology on late Quaternary sediment dynamics at the Galician continental slope. *Geo-Mar Lett* 32:313– 335.
- Bernhard, J. M. & Sen Gupta, B., 1999. Foraminifera of oxygen-depleted environments. In: Sen Gupta, B.K. (Ed.), *Modern Foraminifera*. Kluwer Academic Press, Dordrecht, 201–216 pp.
- Bigot, G. 1985. *Elements of Micropalaeontology*. Graham & Trotman. Londres, p.217.
- Boersma, A. 1978. Foraminifera. En: *Introduction to Marine Micropaleontology* (B. U. Haq, ed.). Elsevier Biomedical. Londres, p.376.

- Boltovskoy, E. 1959. Foraminifera as biological indicators in the study of ocean currents. *Micropaleontology*, 5(4):473-481.
- Boltovskoy, E. 1962. Planktonic Foraminifera as indicators of different water masses in the South Atlantic. *Micropaleontology*, 8(3):403-408.
- Boltovskoy, E. 1965. Los foraminíferos recientes. Editorial universitaria de Buenos Aires. 507 pp.
- Boltovskoy, E. 1976. Distribution of Recent foraminifera of the South American region. In: Hedley, R. H. & Adams, C. G. (eds.), *Foraminifera*, 2, p. 171-236, Academic Press, London.
- Boltovskoy E, G Guisani, S Watanabe & R Wright. 1980. Atlas of benthic shelf Foraminifera of the South West Atlantic. Dr. W. Junk by Publishers, The Hague: 1-147.
- Bozzano, F., Lenti, L., Martino, S., Paciello, A., Scarascia Mugnozza, G., 2010. Evidences of landslide earthquake triggering due to self-excitation process. *International Journal of Earth Sciences*. (online first from February 2010).
- Bozzano, G., Violante, R.A., Cerredo, M.E., 2011. Middle slope contourite deposits and associated sedimentary facies off NE Argentina. *Geo-Marine Letters* 31, 495-507.
- Brandini, F.P., Boltovskoy, D., Piola, A., Kocmur, S., Röttgers, R., Abreu, P.C., Lopes, R.M., 2000. Multiannual trends in fronts and distribution of nutrients and chlorophyll in the southwestern Atlantic (30-62 °S). *Deep-Sea Research, Part I. Oceanographic Research Papers* 47: 1015-1033.
- Broecker, W. S., 1982. Glacial to interglacial changes in ocean chemistry. *Progress Oceanography*, 1: 151-197.
- Broecker, W.S., Peng, T.-H., 1982. *Tracers in the Sea*. Lamont–Doherty Earth Observatory, Palisades N.Y.
- Broecker, W.S. and Peng, T.H., (1993). What caused the glacial to interglacial CO₂ change. In: *The Global Carbon Cycle, NATO AS1 Series, Vol. 15* (ed. by M. Heimann). Springer, Berlin.
- Brummer, G.J.; van Eijden, A.J.M., 1992: "Blue-ocean" paleoproductivity estimates from pelagic carbonate mass accumulation rates. *Marine Micropaleontology*, 19(1-2), 99-117.
- Burone, L.; Pires-Vanin, A.M.S. 2006. Foraminiferal assemblages in the Ubatuba Bay, south-eastern Brazilian Coast. *Scientia Marina*, v. 70, n. 2, p. 203-217.
- Burone, L., B., Sousa, S. H. M., Mahiques, M. M., Valente, P., Ciotti, A., Yamashita, C., 2011. Benthic foraminiferal distribution on the southeastern Brazilian shelf and upper slope. *Mar. Biol.*
- Burone, L., Ortega, L., Franco-Fraguas, P., Mahiques, M., García-Rodríguez, F., Venturini, N., Marin, Y., Brugnoli, E., Nagai, R., Muniz, P., Bicego, M., Fuiguieira, R., Salaroli, A., 2013. A multiproxy study between the Río de la Plata and the adjacent South-western Atlantic inner shelf to Atlantic inner shelf to assess the sediment footprint of river vs. marine influence. *Continental Shelf Research*.
- Calvert, S.E., Pedersen, T.F., 2007. Elemental proxies for palaeoclimatic and palaeoceanographic variability in marine sediments: Interpretation and application. In: Hillaire-Marcel, C., De Vernal, A. (Eds.), *Developments in Marine Geology*. Elsevier, pp. 567–644.
- Carranza A, Muñoz-Recio, A., Kitahara, M., Scarabino, F., Ortega, L., López, G., Franco-Fraguas, P., de Mello, C., Acosta, J., Fontan, A. 2012. Deep-water coral reefs from the Uruguayan outer shelf and slope. *Marine Biodiversity*.

- Chelton, D. B., M. G. Schlax, D. L. Witter, and J. G. Richman. 1990. GEOSAT altimeter observations of the surface circulation of the Southern Ocean, *J. Geophys. Res.*, 95: 877-903.
- Ciotti, A. M., Odebrecht, C., Fillmann, G., Möller, Jr. O. O., 1995. Freshwater outflow and Subtropical Convergence influence on phytoplankton biomass on the southern Brazilian continental shelf. *Continental Shelf Research* 15:1737-1756.
- Conkright, M. E., Locarnini, R. A., Garcia, H. E., O'Brien, T. D., Boyer, T. P., Stephens, C., Antonov, J. I., 2002. World Ocean Atlas 2001: Objective Analyses, Data Statistics, and Figures, CD-ROM Documentation. National Oceanographic Data Center, Silver Spring, MD. 17 pp.
- Corliss, B.H., (1991) Morphology and microhabitat preferences of benthic foraminifera from the northwest Atlantic Ocean. *Mar Micropaleontol* 17:195–236.
- Corliss, B. H., C. Chen. 1988. Morphotype patterns of Norwegian Sea deep-sea benthic foraminifera and ecological implications. *Geology*, 16:716-719.
- Correa, I.C.S., Ayup-Zouain, R. N., Weschenfelder, J., Tomazelli, L. J. 2008. Areas fontes dos minerais pesados e sua distribuição sobre a plataforma continental sul-brasileira, uruguaia e norte-argentina. *Revista Pesquisas em Geociencias* 35: 137-150.
- De Mello, C., López, G., 2011. Mapeo del fondo marino en el borde de plataforma y talud de la Zona Económica Exclusiva (ZEE) uruguaya. Informe técnico de Hidroacústica. Laboratorio de Tecnología Pesquera. Dirección Nacional de Recursos Acuáticos, 10p.
- De Mello, C., Burone, L., Ortega, L., Franco-Fraguas, P., Lahuerta, N., Mahiques, M., Marín, Y. 2014. Benthic foraminiferal distributions on the Uruguayan continental margin (South-western Atlantic) and controlling environmental factors. *Continental Shelf Research*. 91: 120–133.
- De Santa Ana, H., Latrónica, L., Tomasini, J., Morales, E., Ferro, S., Gristo, P., Machado, L., Veroslavsky, G., Ucha, N. 2008. Economic and exploratory review of gas hydrates and other gas manifestations of the Uruguayan continental shelf. Proceedings of the 6th International Conference on Gas Hydrates (ICGH 2008). Vancouver, British Columbia, CANADA.
- Des Combes, H., Caulet, J. P., and Tribovillard, N. P. 1999: Pelagic productivity changes in the equatorial area of the northwest Indian Ocean during the last 400000 years, *Mar. Geol.*, 158, 27–55.
- Douglas, R.G., 1979. Benthic foraminiferal ecology and paleoecology: a review of concepts and methods. In Lipps, J.H., Berger, W.H., Buzas, M.A., Douglas, R.G., and Ross, C.A. (Eds.), *Foraminiferal Ecology and Paleocology: Soc. Econ. Paleontol. Mineral., SEPM Short Course Notes*, 6:11–20.
- Dymond, J.R., Suess, F., Lyle, M., 1992. Barium in deep-sea sediment: a geochemical proxy for paleoproductivity. *Paleoceanography* 7, 163–181.
- Dymond, J., Collier, R., McManus, J., Honjo, S., Manganini, S., 1997. Can the aluminium and titanium contents of the ocean sediments be used to determine the paleoproductivity of the oceans? *Paleoceanography* 12, 586:593.
- El Frihmat, Y., Hebbeln, D., Jaaidi, E.B., Mhammdi, N. (2015). Reconstruction of productivity signal and deep-water conditions in Moroccan Atlantic margin (~35°N) from the last glacial to the Holocene. *Springer*, 4:69.
- Eppley, R.W., 1980: Estimating phytoplankton growth rates in the central oligotrophic oceans. In: *Prima' Productivi O' in the Sea*, P. Falkowski, ed., Plenum Press, New York, 321 - 242.

- Fariduddin, M., Loubere, P., 1997. The surface ocean productivity response of deeper water benthic foraminifera in the Atlantic Ocean. *Marine Micropaleontology* 32:289-310.
- Fontanier, C., Jorissen, F., Licari, L., Alexandre, A., Anschutz, P., Carbonel, P., 2002. Live benthic foraminiferal faunas from the Bay of Biscay: faunal density, composition and microhabitats. *Deep-Sea Research Part I*, v. 49, p. 751- 785.
- Fontanier, C., Jorissen, F.J., Chaillou, G., David, C., Anschutz, P., Lafon, V., 2003. Seasonal and interannual variability of benthic foraminiferal faunas at 550 m depth in the Bay of Biscay. *Deep-Sea Research I* 50:457-494.
- Franco-Fraguas, P., Burone, L., Mahiques, M., Urien, C., Ortega, L., Muñoz, A., López, G., Marin, Y., Carranza, A., Lahuerta, N., deMello, C., 2014. Morphology and surface sedimentation on the upper and middle continental slope off Uruguay. *Mar. Geol.* 349, 24–26.
- Frenz, M., Höppner, R., Stuut, J.B.W., Wagner, T., Henrich, R., 2003. Surface sediment bulk geochemistry and grain-size composition related to the oceanic circulation along the South American continental margin in the Southwest Atlantic, in: Wefer, G., Mulitza, S., Ratmeyer, V. (Eds.), *The South Atlantic in the Late Quaternary: reconstruction of material budgets and current systems*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York Tokyo, pp. 347-373
- Froneman, P. W., R. Perissinotto, and E. A. Pakhomov. 1997. Biogeographical structure of the microphytoplankton assemblages in the region of the subtropical convergence and across a warm-core eddy during austral winter, *J. Plankton Res.*, 19: 519- 531.
- Geslin, E., Heinz, P. and Hemleben, C. 2004. Behaviour of *Bathysiphon* sp. And *Siphonamina bertholdii* n. gen. n. sp. under controlled oxygen conditions in the laboratory: implications for bioturbation. In *Proceedings of the Sixth International Workshop on Agglutinated Foraminifera*. Grzybowski Foundation Special Publication, 8: 105–18.
- Goldberg, E., Arrhenius, G., 1958. Chemistry of pelagic sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 13, 153–212.
- Gooday, A.J., Levin, L.A., Linke, P., Heeger, T., 1992. The role of benthic foraminifera in deep-sea food webs and carbon cycling. In: Rowe, G.T., Pariente, V. (Eds.), *Deep-Sea Food Chains and Global Carbon Cycle*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 63–91.
- Gooday, A. J. 1994. The biology of deep sea foraminifera: a review of some advances and their applications in paleoceanography. *Palaios*, 9:14-31.
- Gooday, A. J., 2003. Benthic foraminifera (protista) as tools in deep-water palaeoceanography: Environmental influences on faunal characteristics. *Advances in Marine Biology*, Vol 46, v. 46, p. 1-90.
- Gordon, A. L., 1981. South Atlantic thermocline ventilation, *Deep Sea Res.* 28:1239-1264.
- Govin, A., Holzwarth, U., Heslop, D., Ford Keeling, L., Zabel, M., Mulitza, S., Collins, J. A., Chiessi, C. M., 2012: Distribution of major elements in Atlantic surface sediments (36° N–49° S): Imprint of terrigenous input and continental weathering, *Geochem. Geophys. Geosy.*, 13, Q01013.
- Guerrero, R. A., Piola, A. R., 1997. Masas de agua en la Plataforma Continental. En: Boschi, E.E. (ed.), *El Mar Argentino y sus Recursos Pesqueros*, Volume 1. Mar del Plata, Argentina: Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, pp. 107-118.
- Gupta, A. K., Anderson, D. M., and Overpeck, J. T., 2003. Abrupt changes in the Asian southwest monsoon during the Holocene and their links to the North Atlantic Ocean, *Nature*, 421, 354 – 357.

- Gyllencreutz, R., Mahiques, M.M., Alves, D.V.P., Wainer, I.K.C., 2010. Mid- to late-Holocene paleoceanographic changes on the southeastern Brazilian shelf based on grain size records. *The Holocene* 20, 863–875.
- Hemleben, Ch., M. Spindler, and O. R. Anderson, 1989. *Modern Planktonic Foraminifera*, Springer Verlag, Berlin, 363 pp.
- Hensen, C., Zabel, M., Schulz, H. D. 2000. A comparison of benthic nutrient fluxes from deep-sea sediments off Namibia and Argentina. *Deep-Sea Research* 47: 2029- 2050.
- Herguera, J.C., Berger, W.H., 1991. Paleoproductivity from benthic foraminifera abundance: glacial to postglacial change in the west-equatorial Pacific. *Geology* 19: 1173–1176.
- Herguera, J. C., 2000. Last glacial paleoproductivity patterns in the eastern equatorial Pacific: benthic foraminifera records. *Marine Micropaleontology*, v. 40, p. 259-275.
- Hernández-Molina, F.J.; Paterlini M., Violante, R., Marshall P., de Isasi M., Somoza L., Rebesco M., 2009. Contourite depositional system on the Argentine slope: an exceptional record of the influence of Antarctic water masses *Geology*, 37, pp. 507–510.
- Hernández-Molina, F.J., Soto, M., Piola, A.R., Tomasini, J., B., P., Thompson, P., Badalini, G., Creaser, A., Violante, R.A., Morales, E., Paterlini, M., De Santa Ana, H., 2015. A contourite depositional system along the Uruguayan continental margin: Sedimentary, oceanographic and paleoceanographic implicat. *Marine Geology*.
- Hovland, M.; Judd, A.G., 1988. *Seabed Pockmarks and Seepages. Impact on Geology, Biology and the Marine Environment*. Graham & Trotman Ltd., London., 293 p.
- Ingle, J. C., G. Keller, R. L. Kolpack. 1980. Benthic foraminiferal biofacies, sediments and water masses of the Southern Perú–Chile Trench Area, Southeastern Pacific Ocean. *Micropaleontology*, 26(2):113-150.
- Jorissen, F.J., Barmawidjaja, D.M., Puskaric, S y van der Zwaan, G.J. (1992). *Marine Micropaleontology*, 19, 131–146.
- Jorissen, F.J., De Stigter, H.C., Widmark, J.G.V., 1995. A conceptual model explaining benthic foraminiferal microhabitats. *Marine Micropaleontology* 22, 3–15.
- Jorissen F.J., 1999. Benthic foraminiferal microhabitats below the sediment-water interface. In: Sen Gupta BK (ed) *Modern foraminifera*. Kluwer, Dordrecht, pp 161–179.
- Kaiho, K., 1991. Global changes of Paleogene aerobic/anaerobic benthic foraminifera and deep-sea circulation: *Palaeogeogr. Palaeoclimatol., Palaecol.*, 83:65-85.
- Kaiho, K., 1994, Planktonic and benthic foraminiferal extinction events during the last 100 m.y.: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* (in press).
- Kaminski, M.A. 1985. Evidence for control of abyssal agglutinated community structure by substrate disturbance: results from the HEBBLE Area: *Marine Geology*, v. 66, p. 113-131.
- Kaminski, M.A., Schroeder, C.J., 1987. Environmental analysis of deep-sea agglutinated foraminifera: can we distinguish tranquil from disturbed environments? *Gulf Coast Section SEPM Foundation Eighth Annual Research Conference, Selected Papers and Illustrated Abstracts*, p. 90-93.
- Kasten, S., M. Zabel, V. Heuer, and C. Hensen (2003). Processes and signals of nonsteady-state diagenesis in deep-sea sediments and their pore waters, in *The South Atlantic in the Late Quaternary, Reconstruction of*

- material budgets and current systems, edited by G. Wefer, et al., pp. 431-459, Springer, Berlin, Heidelberg, New York.
- Keil, R. G., Tsamakis, T., Fuh, C. B., Giddings, J. C. y Hedges, J.I., 1994. Mineralogical and textural controls on the organic composition of coastal marine sediments: hydrodynamic separation using SPLITT-fractionation. *Geochim. Cosmochim. Acta* 58: 879–893.
- Kennett, J.P., 1982: *Marine Geology*.- 813 págs. Prentice Hall, New Jersey.
- Kouwenhoven, T.J. y Van Der Zwaan, G.J. 2006: A reconstruction of late Miocene Mediterranean circulation patterns using benthic foraminifera. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 238, 373—385.
- Krastel, S., Wefer, G., Hanebuth, T. J. J., Antobreh, A. A., Freudenthal, T., Preu, B., Schwenk, T., Strasser, M., Violante, R., Winkelmann, D. 2011. Sediment dynamics and geohazards off Uruguay and the de la Plata River region (northern Argentina and Uruguay) M78/3 shipboard scientific party. *Geo-Marine Letters* 31 (4): 271-283.
- Lacerda, L. D. Marins, R. V., 2006. Geoquímica de sedimentos e o monitoramento de metais na Plataforma Continental Nordeste Oriental do Brasil. *Geochimica Brasiliensis* (Rio de Janeiro), v. 20, p. 123-135.
- Lantsch, H., Hanebuth, T.J.J., Chiessi, C.M., Schwenk, T., Violante, R.A., 2014. The high-supply, current-dominated continental margin of southeastern South America during the late Quaternary. *Quaternary Research* 81, 339–354.
- Linke, P., Altenbach, A. V., Graf, G., Heeger, T., 1995. Response of deep sea benthic foraminifera to a simulated sedimentation event. *Journal of Foraminiferal Research*, 25: 75-82.
- Loeblich, A.R. & Tappan, H. 1988. Foraminiferal evolution, diversification, and extinction. *Journal of Paleontology*, 62, 695- 714.
- Lonardi, A.G., Ewing, M., 1971. Sediment transport and distribution in the Argentine Basin. 4. Bathymetry of the continental margin. *Argentine Basin and other related provinces. Canyons and sources of sediments, Physics and chemistry of the earth.* Pergamon Press, Oxford, pp. 79-121.
- Longhurst, A., 1998. *Ecological Geography of the Sea.* Elsevier, New York.
- Lopez-Orrego G, de Mello, C., Marín, Y. 2011. Mapeo del fondo marino superior y medio de Uruguay. Reunión regional de acustuca - AUA.
- Loubere, P. 1996. The surface ocean productivity and bottom water oxygen signals in deep water benthic foraminiferal assemblages. *Marine Micropaleontology*, 28:247- 26.
- Loubere, P., Fariduddin, M., 1999. Benthic foraminifera and the flux of organic carbon to the seabed. In: Sen Gupta, B.K. (Ed.), *Modern Foraminifera.* Kluwer Academic Press, London, pp. 181–200.
- Mackensen, A., Schmied L. G., Harloff, J., y Hiesse, M. 1995. Deep-sea foraminifera and the south atlantic ocean : ecology and assemblage generation. *Micropaleontology*, 41, 342 - 358.
- Mahiques, M.M., Tessler, M.G., Ciotti, A.M., da Silveira, C.A., de Mello e Souza, S.H., Figueira, R.C.L., Tassinari, C.C.G., Furtado, V.V., Passos, R.F., 2004. Hydrodynamically driven patterns of recent sedimentation in the shelf and upper slope off Southeast Brazil. *Continental Shelf Research* 24, 1685–1697.
- Mahiques, M. M., Gaeta Tassinari, C. C., Marcolini, S., Violante, R. A., Lopes Figueira, R. C., Almeida da Silveira, I. C., Burone, L., Sousa, S. H. M. 2008. Nd and Pb isotopes signatures on the southeastern southamerica upper margin: implication for sediment transport and source rocks. *Marine Geology* 250: 51-63.

- Mahiques, M. M., Burone, L., De Oliveira, A. A., Capellari, B., Rogacheski, C. E., Barroso, C. B., Sanmartino, L. A., Corder, L., Coppede, M., Lopes Figueira, R. C., 2009. Anthropogenic influences in a lagoonal environment: A multiproxy approach at the Valo Grande mouth, Cananéia-Iguape system (SE Brazil). *Brazilian Journal of Oceanography*, 57:325-337.
- Malinverno, A., Erba, E., Herbert, T.D., 2010. Orbital tuning as an inverse problem: Chronology of the early Aptian oceanic anoxic event 1a (Selli Level) in the Cismon APTICORE. *Paleoceanography*, 25, PA2203.
- Martinez, P.; Bertrand, P.; Shimmield, G. B.; Cochrane, K.; Jorissen, F.; Foster, D.; Dignan, M., 1999. Upwelling intensity and ocean productivity changes off Cape Blanc (northwest Africa) during the last 70,000 years: geochemical and micropalaeontological evidence. *Marine Geology*, v.158, p. 57-74.
- Martins, L. R., Martins, I. R., Urien, C. M. 2003. Aspectos sedimentares da plataforma continental na área de influencia de Rio de La Plata. *Gravel* 1: 68-80.
- Martins, V.; Jouanneau, J. M.; Weber, O.; Rocha, F. 2006. Tracing the late Holocene evolution of the NW Iberian upwelling system. *Marine Micropaleontology*, v. 59, n. 1, p. 35-55.
- Martins V., Dubert J., Jouanneau J. M., Weber O., da Silva E. F., Patinha C., Alverinho Dias J. M., Rocha F., 2007. A multiproxy approach of the Holocene evolution of shelf slope circulation on the northwestern Iberian Continental Shelf. *Mar Geol* 239:1-18.
- McCorkle, D. C., S. R. Emerson. 1988. The relationship between pore water carbon isotopic composition and bottom water oxygen concentration. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 52:1169-1178.
- Meyers, A.A. 1977. Studies on the genus *Lembos* Bate. VI. Atlantic species: *L. dentischium* sp. nov., *L. kunkelae* sp. nov., *L. rectangulatus* sp. nov., *L. unicornis* Bynum & Fox. *Boll. Mus. Civ. Stor. Nat. Verona* 4: 125-154.
- Meyers, P.A., 1994. Preservation of elemental and isotopic source identification of sedimentary organic matter. *Chemical Geology* 114, 289-302.
- Meyers, P.A., 1997. Organic geochemical proxies of paleoceanographic, paleolimnologic and paleoclimatic processes. *Organic Geochemistry* 27 (5– 6), 213–250.
- Moodley, L., Heip CHR, Middelburg J.J., 1998. Benthic activity in sediments of the northwestern Adriatic Sea: sediment oxygen consumption, macro- and meiofauna dynamics. *J Sea Res* 40:263–280.
- Moreno, A., Nave, S., Kuhlmann, H., Canals, M., Targarona, J., Fredenthal, T., Abrantes, F., 2002. Productivity response in the North Canary Basin to climate changes during the last 250 000 yrs: a multi-proxy approach. *Earth Planet. Sci. Lett.* 196, 147:159.
- Moreno, A.; Cacho, I.; Canals, M.; Grimalt, J. O.; Sanchez-Vidal, A., 2004. Millennial- scale variability in the productivity signal from the Alboran Sea record, Western Mediterranean Sea. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 211, n. 3-4, p. 205-219.
- Mori, P., Reeves, S., Correia C. y Haukka, M. 1999. Development of a fused glass disc XRF facility and comparison with the pressed powder pellet technique at Instituto de Geociências, São Paulo University. *Revista Brasileira de Geociências* 29: 441-446.
- Muller, A., Mathesius, U., 1999. The palaeoenvironments of coastal lagoons in the southern Baltic Sea, I. The application of sedimentary Corg/N ratios as source indicators of organic matter. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 145, 1–16.

- Muñoz, A., Fontan, A., Marin, Y., Carranza, A., Franco Fraguas, P., Rubio, L. 2010. Informe de Campaña Uruguay 0110. Buque de Investigación Oceanográfica y Pesquera Miguel Oliver (SGM).
- Murray, J. W. 1991. Ecology and palaeoecology of benthic foraminifera. London: Longman Scientific and Technical.
- Murray, J.W., 2003. Foraminiferal assemblage formation in depositional sinks on the continental shelf west of Scotland. *Journal of Foraminiferal Research*, 33-2, p. 101-102.
- Murray, J.W., 2006. Ecology and Applications of Benthic Foraminifera. Cambridge University Press, Cambridge. p. 426.
- Murray, R.W., and M. Leinen, 1996. Scavenged excess aluminum and its relationship to bulk titanium in biogenic sediment from the central equatorial Pacific Ocean, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 60(20), 3869-3878.
- Nagai R. H., Sousa S. H. M., Burone L., Mahiques M. M., 2009. Paleoproductivity changes during the Holocene in the inner shelf of Cabo Frio, southeastern Brazilian continental margin: Benthic foraminifera and sedimentological proxies. *Quat Int* 206:62-71.
- Nagy, G. J.; Lopez-Laborde, J.; Anastasia, L. 1987. Caracterización de ambientes en el Río de la Plata exterior (salinidad y turbiedad óptica), *Investigaciones oceanológicas*, v. 1, p. 31-56.
- Niebler, H.-S., and R. Gersonde, A., 1998. planktic foraminiferal transfer function for the southern South Atlantic Ocean, *Mar. Micropaleontol.*, 34,213–234.
- Nittrouer, C.A., Austin, J.A., Field, M.E., Kravitz, J.H., Syvitski, J.P.M., Wiberg, P.L., 2007. Continental Margin Sedimentation: From Sediment Transport to Sequence Stratigraphy. International Association of Sedimentologists. Blackwell Publishing Ltd.
- Nuñez-Riboni, I.; Boebel, O.; Ollitrault, M.; You, Y.; Richardson, P.L. & Davis, R. 2005. Lagrangian circulation of Antarctic Intermediate Water in the subtropical South Atlantic. *Deep Sea Research II*, 52:545-564.
- Olson, D. B. 2000. Biophysical dynamics of ocean fronts, in *The Sea*, vol. 12, chap. 5, edited by A. R. Robinson and K. H. Brink, pp. 187-218, John Wiley, Hoboken, N. J.
- Olson, D.B.; Podestá, G.P.; Evans, R.H. & Brown, O.B. 1988. Temporal variations in the separation of Brazil and Malvinas Currents. *Deep Sea Research*, 35:1971-1990.
- Ortega, L. & Martínez, A. 2007. Multiannual and seasonal variability of water masses and fronts over the Uruguayan shelf. *Journal of Coastal Research*, 21:219-231.
- Parker G. 1984. Lateral bed load transport on side slopes. *Journal of Hydraulic Engineering* 110: 197–199. Schumm SA. 1968. Speculations concerning paleohydrologic control of terrestrial sedimentation. *Geological Society America Bulletin* 79: 1573–1588.
- Pattan, J.N., Masuzawa, T., Divakar Naidu, P., Parthiban, G., Yamamoto, M., 2003. Productivity fluctuations in the southeastern Arabian Sea during the last 140 ka. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 193, 575–590.
- Paytan, A., Kastner, M., Martin, E.E., MacDougall, J.D., Herbert, T., 1993. Marine barite as a monitor of seawater strontium isotope composition. *Nature* 366, 445–449.
- Paytan, A., Kastner, M., 1996. Benthic Ba fluxes in the central Equatorial Pacific, implications for the oceanic Ba cycle. *Earth and Planetary Science Letters* 142, 439–450.

- Peeters, F., D. M. Livingstone, G.-H. Goudsmit, R. Kipfer, y R. Forster. 2002. Modeling 50 years of historical temperature profiles in a large central European lake. *Limnol. Oceanogr.* 47: 186–197.
- Peterson, R. G.; Stramma, L. 1991. Upper-level circulation in the South Atlantic Ocean. *Progress in Oceanography*, v. 26, p. 1-73.
- Pielou E.C. (1975). *Ecological Diversity*. New York: Wiley. [A general book on ecological diversity. Entropy-based diversity measures. Models (for the distribution of species)].
- Piola, A. R., Gordon, A. L., 1989. Intermediate water in the southwest South Atlantic, *Deep Sea Res.*, 36: 1- 16.
- Piola, A. R., Matano, R. P., 2001. Brazil and Falklands (Malvinas) currents, in Steele, J.H., et al., eds., *Encyclopedia of ocean sciences*, Volume 1: London, Academic Press, p. 340-349.
- Piola, A.R., Moller Jr., O.O., Guerrero, R.A., Campos, E.J.D. 2008. Variability of the Subtropical Shelf Front off eastern South America: winter 2003 and summer 2004. *Continental Shelf Research* 28: 1579-1588.
- Prahl, F.G., Ertel, J.R., Goni, M.A., Sparrow, M.A., Eversmeyer, B., 1994. Terrestrial organic carbon contributions to sediments on the Washington margin. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 58, 3035–3048.
- Prahl, F.G., N. Pisias, M.A. Sparrow, and A. Sabin, 1995. Assessment of sea-surface temperature at 42°N in the Californian Current over the last 30,000 years, *Paleoceanography*, 10, 763-773.
- Prakash Babu, C., Brumsack, H.J., Schnetger, B., Böttcher, M.E., 2002. Barium as a productivity proxy in continental margin sediments: a study from the eastern Arabian Sea. *Marine Geology* 184, 189–206.
- Prell, W. L., y W. B. Curry, 1981. Faunal and isotopic indices of monsoonal upwelling: Western Arabian Sea, *Oceanol. Acta*, 4:91-98.
- Pteifer, K.; Kasten, S.; Hensen, C.; Schulz, H.D., 2001. Reconstruction of primary productivity from the barium contents in surface sediments of the South Atlantic Ocean. *Marine Geology*, v. 177, p. 13–24.
- Ruhleman, C., Mulitza, S., Muller, P.J., Wefer, G., y Zahn, R., 1999. Warming of the tropical Atlantic Ocean and slowdown of thermohaline circulation during the last deglaciation. *Nature* 402: 511–514.
- Saito, Y., Nishimura, A., Matsumoto, E., 1989. Transgressive sand sheet covering the shelf and upper slope off Sendai, Northeast Japan. *Marine Geology* 89, 245–258.
- Saraceno, M., Provost, C. & Piola, A.R., 2005. On the relationship between satellite- retrieved surface temperature fronts and chlorophyll a in the western South Atlantic. *Journal of Geophysical Research* 110, C11016.
- Schubert, C.J., and S.E. Calvert, 2001. Nitrogen and carbon isotopic composition of marine and terrestrial organic matter in Arctic Ocean sediments: Implications for nutrient utilization and organic matter composition, *Deep Sea Res. Patti*, 48,789-810.
- Sen Gupta, B.K., Aharon, P., 1994. Benthic foraminifera of bathyal hydrocarbon vents of the Gulf of Mexico: initial report on communities and stable isotopes. *Geo-marine Letters* 14, 88–96.
- Serno, S., G. Winckler, R. F. Anderson, C. T. Hayes, H. Ren, R. Gersonde, and G. H. Haug, 2014. Using the natural spatial pattern of marine productivity in the Subarctic North Pacific to evaluate paleoproductivity proxies, *Paleoceanography*, 29, 438–453.
- Sgarrella, F., Sprovieri, R., Di Stefano, E., Caruso, A., Sprovieri, M. & Bonaduce, G.1999. The Capo Rossello bore – hole (Agrigento, Sicily) cyclostratigraphic and paleoceanographic reconstructions from quantitative analysis of the Zanclean foraminiferal assemblages. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 105, 303 – 322.

- Silveira L. C. A., Schmidt A. C. K., Campos E. J. D., Godoi S. S., Ikeda Y., 2000. A Corrente do Brasil ao largo da Costa Leste Brasileira. *Rev. Bras. oceanogr.*, 48(2): 171–183.
- Sjoerdsma, P.G., Van der Zwaan, G.J., 1992. Simulating the effect of changing organic flux and oxygen content on the distribution of benthic foraminifers. *Mar. Micropal.* 19 (1/2), 163–180.
- Soto, M., Morales, E., Veroslavsky, G., de Santa Ana, H., Ucha, N., Rodríguez, P., 2011. The continental margin of Uruguay: crustal architecture and segmentation. *Marine and Petroleum Geology* 28:1676-1689.
- Soto, M., Morales, E., Hernández-Molina, F.J., Veroslavsky, G., Tomasini, J., de Santa Ana, H., 2015. Procesos sedimentarios en el talud continental de Uruguay: una síntesis actualizada., in: *Ciencias, D.-F.d. (Ed.), Montevideo.*
- Stein, R. 1991. Accumulation of organic carbon in marine sediments. Results from the Deep Sea Drilling Project/Ocean Drilling Program (DSDP/ODP). Springer-Verlag, Heidelberg. *Lecture Notes in Earth Sciences*, 34: 1-217.
- Stramma, L. and M. England (1999): On the water masses and mean circulation of the South Atlantic Ocean. *Jour. Geophys. Research*, in press.
- Sun, Y., D. W. Oppo, R. Xiang, W. Liu, and S. Gao, 2005: Last deglaciation in the Okinawa Trough: Subtropical northwest Pacific link to Northern Hemisphere and tropical climate. *Paleoceanography*, 20, PA4005.
- Sverdrup, H. U., Johnson, M. W., Fleming, R. H., 1942. *The Oceans: their physics, chemistry and general biology.* Englewood Cliffs, Prentice-Hall Inc. 1087 p.
- Tomasini, J.; de Santa Ana, H.; Conti, B.; Ferro, S.; Gristo, P.; Marmisolle, J.; Morales, E.; Rodríguez, P.; Soto, M. & Veroslavsky, G. 2011. Assessment of marine gas hydrates and associated free gas distribution offshore Uruguay. *Journal of Geological Research.*
- Tomczak, M., Godfrey, J.S., 2003. *Regional Oceanography: An Introduction* 2nd Ed. Pergamon, Oxford.
- Tyson, R.V., 1995. *Sedimentary Organic Matter. Organic Facies and Palynofacies.*
- Urien, C. M., Ewing, M. 1974. Recent sediments and environment of southern Brazil, Uruguay, Buenos Aires, and Rio Negro continental shelf. *The Geology of Continental Margins.* C. A. Burk, Drake, C.L. New York, N.Y., Springer: 157-177.
- Urien, C. M., Martins, L. R., Martins, I. R. 1980a. Evolução geológica do Quaternário do litoral atlântico uruguaio, plataforma continental e regiões vizinhas. *Notas Técnicas* 3: 7-43.
- Urien, C. M., Martins, L. R., Martins, I. R. 1980, b. Modelos deposicionais na plataforma continental do Rio Grande do Sul (Brasil), Uruguai e Buenos Aires. *Notas Técnicas* 3: 13-25.
- Violante, R.A., Hernández-Molina, F.J., Paterlini, M., Bozzano, G., Krastel, S., Hanebuth, T., Preu, B., Laprida, C., 2010. Contouritic terraces on the Northern Argentina middle continental slope (southwestern Atlantic). *Geotemas* 11, 183-184.
- Weatherly, G. L., 1993. On deep-current and hydrographic observations from a mudwave region elsewhere in Argentine basin. *Deep-Sea Res. Part II*, 40(4/5): 939–961.
- Wei, K. Y., T. C. Chiu, and Y. G. Chen (2003), Toward establishing a maritime proxy record of the East Asian summer monsoons for the late Quaternary, *Mar. Geol.*, 201, 67–79.

- Wentworth, C.K ., 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, 30: 377-392. En Suguio, 2003, *Geología Sedimentar*. Ed. Edgar Blücher, São Pablo, Brasil. 400 p. 1° edição.
- Wynn, J. R. & Bowman, H. B., 1994. *The Challenger Foraminifera*. Oxford University Press and Natural History Museum.
- Zeebe, R.E., Wolf-Gladrow, D.A., 2001. CO₂ in seawater: equilibrium, kinetics, Isotopes Elsevier Oceanography Series, Vol. 65. Elsevier, Amsterdam, pp. 346.

7. LAMINAS

Lámina 1

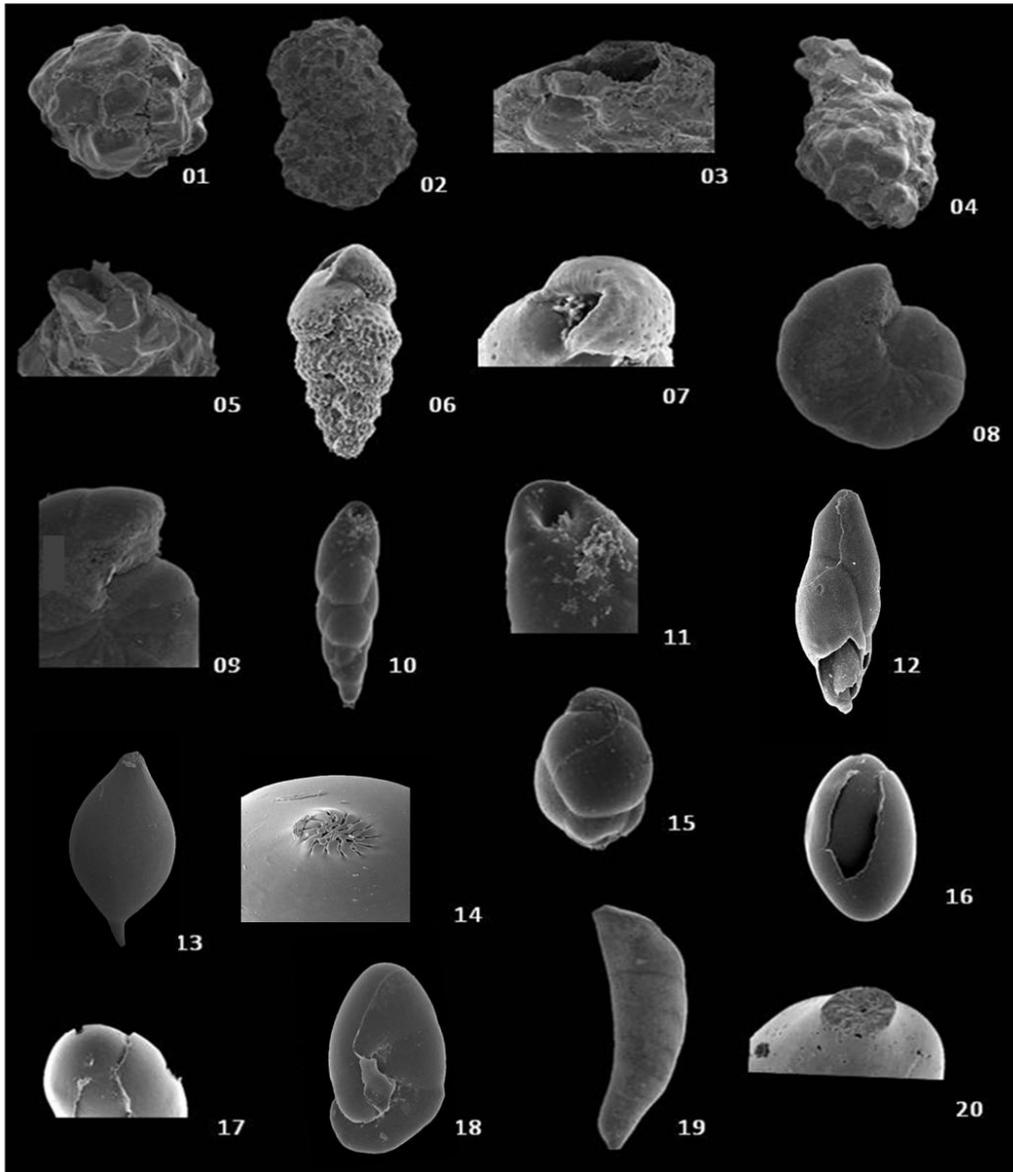


Lámina 1 con imágenes de foraminíferos obtenidas en MEB (Microscopio Electrónico de Barrido) - **01-** *Psammosphaera fusca* X100, **02-** *Ammoscalaria pseudospiralis* X40, **03-** *Ammoscalaria pseudospiralis* X170, **04-** *Reophax fusiformis* x60, **05-** *Reophax fusiformis* x120, **06-** *Textularia* sp X400, **07-** *Textularia* sp X1000, **08-** *Cyclammina cancellata* X45, **09-** *Cyclammina cancellata* X100, **10-** *Stainforthia complanata* X220, **11-** *Stainforthia complanata* X650, **12-** *Fursenkoina?* X430, **13-** *Oolina* spp. X140, **14-** *Oolina* spp.X350, **15-** *Globobulimina túrgida* X100, **16-** *Chillostomella ovoidea* X170, **17-** *Chillostomella ovoidea* X250, **18-** *Nonionella stella* X400, **19-** *Dentalina* spp. X33, **20-** *Dentalina* spp. X270.

Lámina 2

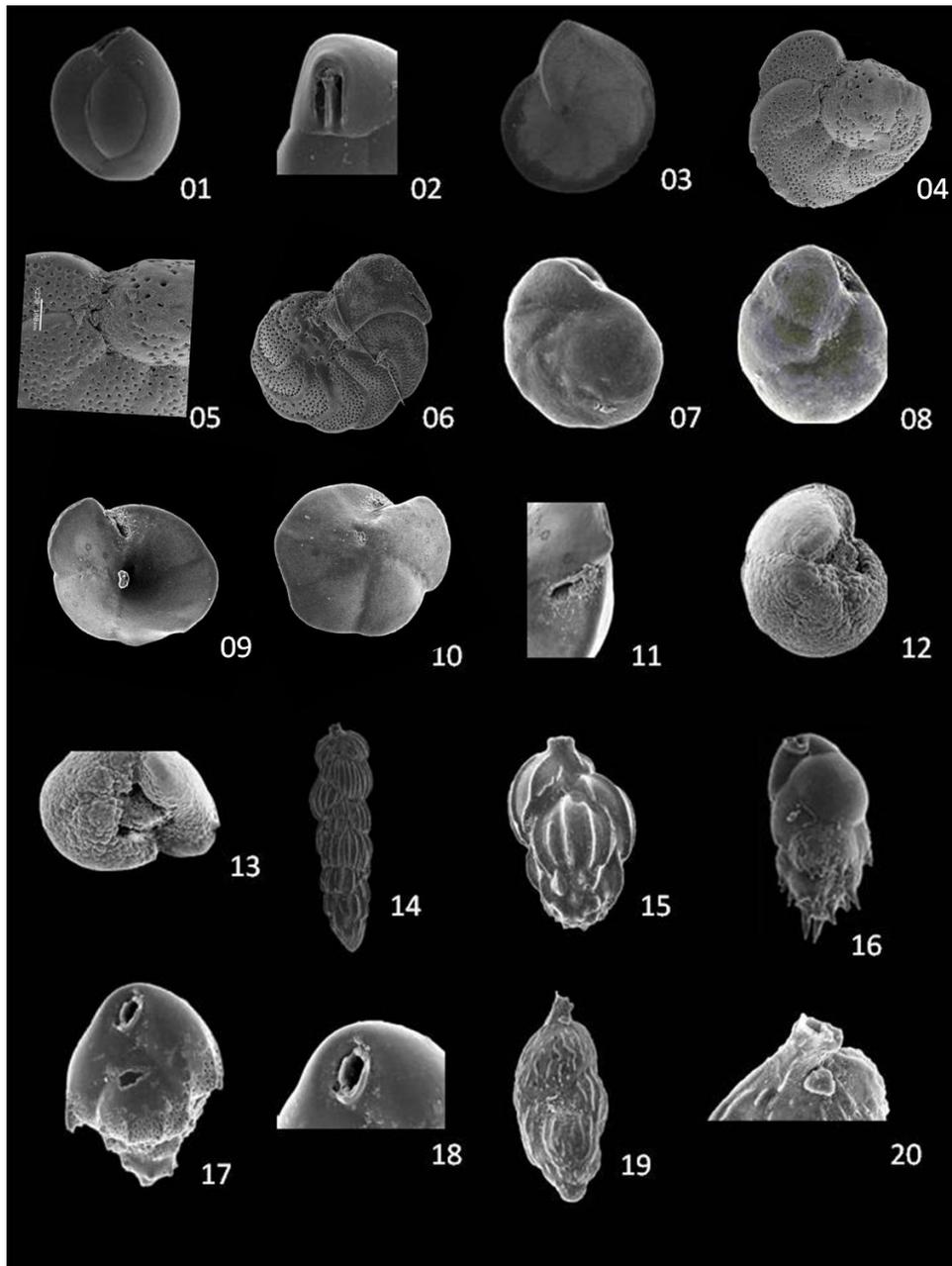


Lámina 2 con imágenes de foraminíferos obtenidas en MEB (Microscopio Electrónico de Barrido)- **01-** *Quinqueloculina atlántica* X120, **02-** *Quinqueloculina atlántica* X300, **03-** *Lenticulina* spp. X37, **04-** *Cibicides* spp. Juvenil X95, **05-** *Cibicides* spp. Juvenil X230, **06-** *Cibicides* spp. X75, **07-** *Epistomminella exigua* X400, **08-** *Epistomminella exigua* Vista ventral X400, **09-** *Oridorsalis umbunatus* dorsal X 170, **10-** *Oridorsalis umbunatus* ventral X160, **11-** *Oridorsalis umbunatus* X500, **12-** *Globorotalia truncatulinoides* X130, **13-** *Globorotalia truncatulinoides* X130, **14-** *Uvigerina bifurcata* X80, **15-** *Uvigerina bifurcata* X200, **16-** *Bulimina subulata* X200, **17-** *Bulimina marginata* X450, **18-** *Bulimina marginata* X1300, **19-** *Angulogerina* spp. X500, **20-** *Angulogerina* spp. X1400.

Lámina 3

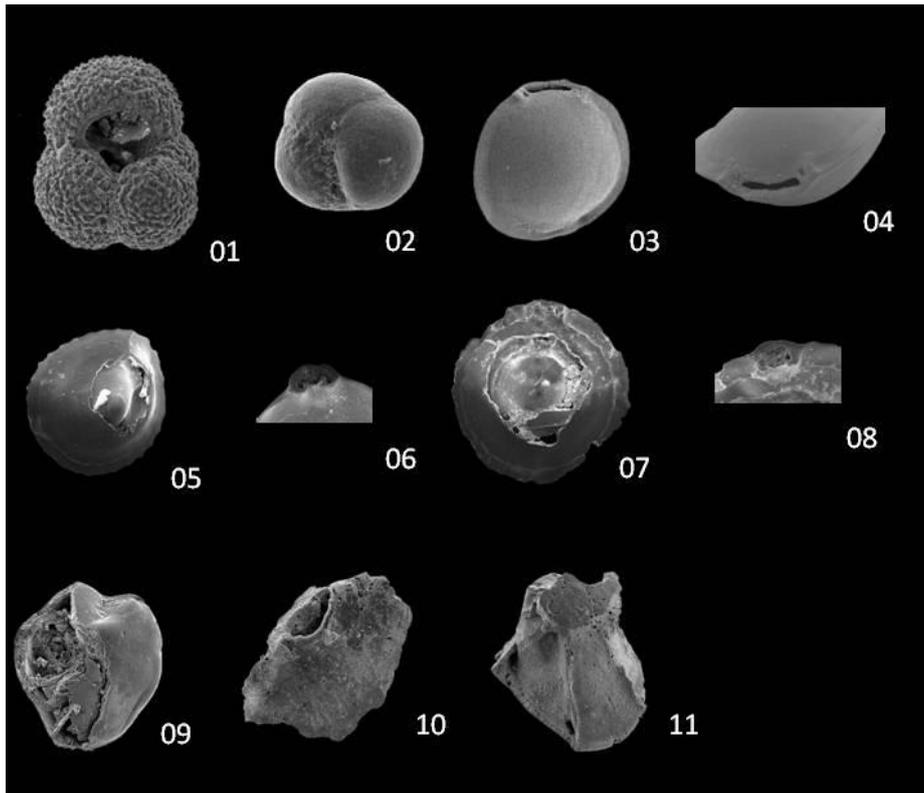


Lámina 3 con imágenes de foraminíferos obtenidas en MEB (Microscopio Electrónico de Barrido)- **01-** *Globigerina bulloides* X230, **02-** *Globigerina inflata* X200, **03-** *Pyrgo* spp.1 X80, **04-** *Pyrgo* spp.1 X150, **05-** *Pyrgo* spp.2 X45, **06-** *Pyrgo* spp.2 X160, **07-** *Pyrgo* spp.3 X45, **08-** *Pyrgo* spp.3 X150, **09-** fragmento de foraminífero spp.1 X65, **10-** fragmento de foraminífero spp.2 X65, **11-** fragmento de foraminífero spp.3 X45.

8. ANEXOS

Anexo I: Referencias taxonómicas de las especies de foraminíferos bentónicos consideradas en este trabajo.

Anexo II: Tabla con datos abióticos.

Anexo III: Tabla de características de los foraminíferos bentónicos encontrados, tipo sedimento, indicadores condiciones de O₂, hábito alimenticio, ambiente, pared, suborden, microhábitat.

Anexo IV: Coeficientes de correlación de Pearson

Anexo V: Abundancia absoluta de las especies de foraminíferos presentes en cada estrato analizado.

Tabla 1: Parámetros poblacionales de foraminíferos para el BC56 (cm).

Tabla 2: Tabla con observaciones en cada estrato muestreado del testigo.

Anexo I: Referencias taxonómicas de las especies de foraminíferos bentónicos consideradas en este trabajo.

Anomalinoidea alzanensis (Nuttall, 1932)
Angulogerina angulosa (Williamson, 1858)
Ammoscalaria pseudospiralis (Williamson, 1858)
Angulogerina spp. (Cushman, 1927)
Bolivinellina translucens (Phleger & Parker, 1951)
Bulimina marginata (d'Orbigny, 1826)
Bulimina subulata (Cushman & Parker, 1947)
Cibicides spp. (de Montfort, 1808)
Chilostomella ovoidea (Reuss, 1850)
Cribrostomoides subglobosum (Cushman, 1910)
Cyclammina cancellata (Brady, 1879)
Dentalina spp. (d'Orbigny, 1826)
Epistominella exigua (Brady, 1884)
Globobulimina túrgida (Bailey, 1851)
Hoeglundina elegans (d'Orbigny, 1878)
Hyalinonetrion clavatum (Millett, 1901)
Nonionella stella (Cushman & Moyer, 1930)
Oridorsalis umbonatus (Reuss, 1851)
Pyrgo depressa (d'Orbigny, 1826)
Procerolagena gracilis (Williamson, 1848)
Pseudononion atlanticum (Cushman, 1936)
Reophax fusiformis (Williamson, 1858)
Stainforthia complanata (Egger, 1893)
Textularia spp. (DeFrance, 1824)
Uvigerina bifurcata (d'Orbigny, 1839)

Anexo II: Tabla con datos abióticos: Granulometría, análisis elemental (Ba, Al, Ca, Fe, P y Ti), % CaCO₃, %C_{org} total, δ¹³C, %N total, δ¹⁵N, razón C/N y las razones de los elementos traza (Ba/Ti), (Fe/Ca), (Ti/Ca)

Z (cm)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	[Al] (mg/Kg)	[Ba] (mg/Kg)	[Ca] (mg/Kg)	[Fe] (mg/Kg)	[P] (mg/Kg)	[Ti] (mg/Kg)	CaCO ₃ (%)	C _{org} total (%)	δ ¹³ C (‰)	N total (%)	δ ¹⁵ N (‰)	C/N	Ba/Ti	Fe/Ca	Ti/Ca
0_1	79.50	20.50	1.30	52422.80	327.43	27154.40	37329.00	1295.27	2119.20	13.16	1.62	-21.72	0.19	5.84	8.63	0.15	1.37	0.08
1_2	65.70	34.00	2.00	-	-	-	-	-	-	12.94	2.11	-21.58	0.21	5.59	10.14	-	-	-
2_3	68.90	31.10	1.90	55687.80	312.05	29002.00	37443.70	1189.71	2250.82	14.30	1.36	-21.22	-	-	-	0.14	1.29	0.08
3_4	71.60	28.40	1.40	-	-	-	-	-	-	15.94	1.56	-21.59	0.22	6.05	7.11	-	-	-
4_5	70.80	29.20	1.80	47008.70	303.16	22053.80	30652.80	967.43	1879.13	13.12	2.39	-21.49	0.20	6.02	12.16	0.16	1.39	0.09
5_6	74.00	26.00	1.50	-	-	-	-	-	-	12.29	1.61	-21.79	0.19	6.15	8.60	-	-	-
6_7	73.90	26.10	1.50	60622.70	324.25	27289.00	38489.00	1345.74	2476.11	12.61	1.34	-21.36	0.18	6.08	7.28	0.13	1.41	0.09
7_8	-	27.50	1.50	-	-	-	-	-	-	13.83	1.54	-21.25	0.18	6.85	8.57	-	-	-
8_9	65.40	34.60	2.10	58507.00	311.12	27395.70	37990.20	1383.34	2356.40	15.24	-	-	0.18	5.44	-	0.13	1.39	0.09
9_10	68.70	31.30	1.90	-	-	-	-	-	-	13.82	1.72	-21.58	0.19	6.18	8.98	-	-	-
10_11	71.90	28.10	1.50	64656.80	321.18	31490.50	40765.70	1467.12	2714.35	12.42	1.65	-21.59	0.20	5.74	8.34	0.12	1.29	0.09
11_12	68.40	31.60	1.90	-	-	-	-	-	-	15.33	1.59	-21.51	0.19	6.07	8.58	-	-	-
12_13	-	-	-	52419.70	336.19	26910.30	32823.90	1121.89	2176.77	-	-	-	-	-	-	0.15	1.22	0.08
13_14	68.20	31.80	2.00	-	-	-	-	-	-	14.77	1.40	-21.56	0.20	5.53	7.04	-	-	-
14_15	-	-	-	59003.00	335.22	27259.10	35108.70	1181.13	2372.15	-	-	-	-	-	-	0.14	1.29	0.09
15_16	70.80	29.20	1.80	-	-	-	-	-	-	13.27	1.76	-21.86	0.17	5.71	10.25	-	-	-
16_17	-	-	-	57773.30	336.48	26855.00	35652.60	1366.70	2317.07	-	-	-	-	-	-	0.15	1.33	0.09
17_18	70.70	29.30	1.70	-	-	-	-	-	-	14.24	1.64	-21.81	0.22	5.28	7.32	-	-	-
18_19	-	-	-	56488.70	339.28	25658.70	34057.90	1128.71	2259.29	-	-	-	-	-	-	0.15	1.33	0.09
19-20	70.50	29.50	1.80	-	-	-	-	-	-	16.77	1.74	-21.50	0.21	5.55	8.45	-	-	-
20_21	62.20	37.00	2.00	58228.20	333.33	25794.30	35644.00	1212.34	2316.40	-	-	-	0.27	6.25	-	0.14	1.38	0.09
21_22	65.20	34.00	1.90	-	-	-	-	-	-	10.57	2.26	-21.48	0.25	5.32	9.04	-	-	-
22_23	74.70	25.30	1.40	72720.10	376.78	25485.10	26033.70	1306.86	2889.78	11.69	1.64	-21.69	0.26	3.98	6.26	0.13	1.02	0.11
23_24	70.40	29.60	1.80	-	-	-	-	-	-	13.88	1.69	-21.52	0.22	5.92	7.63	-	-	-
24_25	-	-	-	58929.70	340.18	24139.70	35385.90	1225.97	2379.65	-	-	-	-	-	-	0.14	1.47	0.10
25_26	71.90	28.10	1.70	-	-	-	-	-	-	13.30	2.02	-21.70	0.29	5.09	6.98	-	-	-

Anexo III: Tabla de características de los foraminíferos bentónicos encontrados, tipo sedimento, indicadores condiciones de O₂, hábito alimenticio, ambiente, pared, suborden, microhábitat.

Especies	tipo sedimento	indicadora cond.oxígeno	habito alimenticio	ambiente	pared	Suborden	Microhabitat
<i>Anomalinoidea alazanensis</i>	-	óxica	-	-	-	rotaliina	epifaunal
<i>Angulogerina angulosa</i>	arenas	óxica	-	-	hialina	rotaliina	Infaunal
<i>Ammoscalaria pseudospiralis</i>	-	disóxica	detritivora	plataf.interna	-	textulariina	Infaunal
<i>Angulogerina spp.</i>	arenas y fango	Óxica a disóxica	-	-	-	rotaliina	Infaunal
<i>Bolivinellina translucens</i>	fango	disóxica	detritivora	plataf.superior aperbatial	hialina	rotaliina	infaunal
<i>Bulimina marginata</i>	fango y arena fina	disóxica	detritivora	plataf.interna abatial	hialina	rotaliina	Infaunal
<i>Bulimina subulata</i>	fango y arena fina	disóxica	detritivora	plataf.interna abatial	hialina	rotaliina	Infaunal
<i>Cibicides spp.</i>	sustratos duros con alta energia	óxica	suspensivoro	plataforma abatial	hialina	rotaliina	Infaunal
<i>Chilostomella ovoidea</i>	fango	disóxica	detritivora	Plataforma externa abatial	-	rotaliina	Infaunal
<i>Cribratomoides subglobosum</i>	arena y clastos mayores	óxica	detritivora	plataf. Batial	aglutinante	textulariina	infaunal
<i>Cyclamina cancellata</i>	arena y clastos mayores	disóxica	detritivora	plataf.batial	aglutinante	textulariina	epifaunal
<i>Dentalina spp.</i>	-	óxica a disóxica	-	-	-	rotaliina	Infaunal
<i>Epistominella exigua</i>	fangos	disóxica	fitodetritos	plataf.batial	-	rotaliina	infaunal
<i>Globobulimina túrgida</i>	-	disóxica	asociados a altos flujos de materia orgánica	aguas profundas	-	rotaliina	Infaunal
<i>Hoeglundina elegans</i>	fangos	Óxica a disóxica	detritivora	plataf. Externa batial	-	rotaliina	epifaunal
<i>Hyalinonetrion clavatum</i>	-	Óxica a disóxica	-	plataforma interna	-	rotaliina	Infaunal
<i>Nonionella stella</i>	fangos	disóxica	detritivora	plataf. Externa batial	hialina	rotaliina	Infaunal
<i>Oridorsalis umbonatus</i>	fango	Óxica a disóxica	detritivora	batial		rotaliina	Infaunal
<i>Pyrgo depressa</i>	-	óxica a disóxica	herviboro	plataf.interna	-	milioliinida	Infaunal
<i>Procerolagena gracilis</i>	-	óxica a disóxica	-	-	-	rotaliina	-
<i>Pseudononion atlanticum</i>	-	disóxica	detritivora	plataforma	hialina	rotaliina	epifaunal
<i>Reophax fusiformis</i>	Fango-arena	disóxica	detritivora	plataforma batial	aglutinante	textulariina	Infaunal
<i>Stainforthia complanata</i>	-	disóxica	detritivora	-	-	rotaliina	Infaunal
<i>Textularia sp</i>	sustratos duros o sedimento	óxica a disóxica	detritivoro	plataforma batial	aglutinante	textulariina	-
<i>Uvigerina bifurcata</i>	sedimento fangoso	óxica	detritivoro	plataforma abisal	-	rotaliina	Infaunal

Anexo IV. Coeficientes de correlación de Pearson, en **verde** se muestran las correlaciones significativas al 90% y en **negrita** las significativas al 95%. Dtotal=Densidad total en el testigo, especies de importancia, H' =Diversidad de Shannon, R' = riqueza de especies, J' =equitatividad de Pielou, Ø 0.250 µm Dt (%)=Densidad total de la fracción 0.250, Ø 0.062 Dt (%)=Densidad total de la fracción 0.63µm, P/B=razón Planctónicos sobre Bentónicos.

Correlación Pearson	Arena %	Limo %	Arcilla %	[Al] mg/Kg	[Ba] mg/Kg	[Ca] mg/Kg	[Fe] mg/Kg	[P] mg/Kg	[Ti] mg/Kg	% CaCo3	C _{org} Total %	d13C/12C	N Total %	d15N/14N	C/N	Ba/Ti	Fe/Ca	Ti/Ca
Dt (0.250 + 0.063)	-0.29	0.31	0.08	0.09	0.04	0.25	0.16	0.08	0.18	0.11	0.15	-0.05	0.39	0.06	-0.13	-0.18	-0.03	-0.02
<i>A.pseudospiralis</i>	0.18	-0.18	-0.23	0.71	0.81	-0.29	-0.70	0.10	0.63	-0.40	0.19	-0.26	0.74	-0.82	-0.47	-0.26	-0.64	0.91
<i>A. angulosa</i>	-0.10	0.13	0.11	-0.11	-0.15	0.24	0.12	-0.02	0.02	-0.01	0.18	0.09	-0.02	0.09	0.21	-0.06	-0.06	-0.17
<i>Angulogerina</i> spp.	-0.40	0.41	0.28	0.05	0.16	0.00	-0.15	-0.12	0.09	-0.09	0.23	-0.01	0.36	0.02	0.03	0.02	-0.18	0.10
<i>B.marginata</i>	-0.18	0.20	0.18	0.15	0.07	0.13	0.27	0.11	0.22	0.05	0.02	-0.07	0.18	0.06	-0.13	-0.24	0.26	0.14
<i>B.subulata</i>	-0.19	0.23	0.26	-0.04	-0.15	0.16	0.28	0.14	0.06	0.12	0.08	-0.03	-0.01	0.07	-0.02	-0.18	0.23	-0.06
<i>Ch. ovoidea</i>	-0.49	0.47	0.33	0.03	0.35	-0.17	-0.16	-0.26	0.01	-0.38	0.30	-0.06	0.58	-0.09	-0.17	0.18	-0.04	0.15
<i>Cibicides</i> spp.	0.02	-0.03	-0.11	-0.20	0.16	0.03	-0.27	-0.27	-0.14	-0.34	0.20	-0.08	0.14	-0.36	-0.04	0.28	-0.37	-0.16
<i>E.exigua</i>	-0.27	0.28	0.03	0.08	-0.05	0.35	0.28	0.15	0.17	0.21	0.08	-0.02	0.30	0.14	-0.09	-0.22	0.03	-0.11
<i>S.complanata</i>	-0.12	0.15	0.05	-0.57	-0.36	-0.45	-0.11	-0.52	-0.53	0.26	0.34	0.09	0.19	0.13	0.08	0.46	0.35	-0.19
<i>H.elegans</i>	0.21	-0.25	-0.27	-0.30	-0.01	-0.46	-0.64	-0.53	-0.34	-0.45	0.37	-0.02	-0.04	-0.05	0.38	0.48	-0.35	0.03
<i>U.bifurcata</i>	-0.37	0.37	0.23	0.33	0.44	-0.24	-0.30	-0.03	0.26	-0.07	0.02	-0.15	0.55	-0.10	-0.37	-0.05	-0.15	0.46
H'	0.19	-0.21	-0.01	0.06	0.22	-0.31	-0.44	-0.18	0.00	-0.48	-0.07	0.03	-0.05	-0.22	-0.04	0.14	-0.25	0.28
R	0.12	-0.11	-0.09	0.04	0.46	-0.37	-0.20	-0.02	0.03	-0.17	0.28	-0.42	0.66	-0.33	-0.30	0.25	0.12	0.34
J'	0.16	-0.18	0.02	0.04	0.14	-0.25	-0.40	-0.19	-0.01	-0.44	-0.11	0.10	-0.13	-0.17	0.01	0.11	-0.27	0.22
Ø 0.250 Dt (%)	0.28	-0.28	-0.24	0.28	0.59	-0.44	-0.58	-0.03	0.25	-0.17	0.22	-0.18	0.57	-0.40	-0.35	0.08	-0.29	0.64
Ø 0.062 Dt (%)	-0.33	0.34	0.12	0.04	-0.03	0.29	0.22	0.08	0.14	0.14	0.12	-0.03	0.31	0.12	-0.07	-0.18	0.01	-0.09
P/B	-0.15	0.13	0.12	0.00	-0.50	0.41	0.25	0.18	0.03	0.20	-0.27	0.45	-0.63	0.33	0.30	-0.35	-0.09	-0.30

Anexo V: Abundancia absoluta de las especies de foraminíferos presentes en cada estrato analizado.

Z(cm)	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	24-25	25-26
<i>Anomalinoidea alazanensis</i>	17	8	22	68	11	30	48	17	34	27	72	184	152	8	24	16	0	40	20	32	72	34	8	12	56	40
<i>Angulogerina angulosa</i>	22	16	48	16	104	32	24	1	16	200	224	96	210	40	9	8	40	16	16	125	64	72	24	8	104	64
<i>Ammoscalaria pseudospiralis</i>	1	0	0	0	0	0	1	1	0	2	0	0	4	0	0	6	0	88	14	35	42	148	452	45	168	265
<i>Angulogerina spp.</i>	23	27	60	40	195	74	33	54	60	320	352	496	432	95	51	50	124	172	110	143	462	288	192	146	190	200
<i>Bolivinelina translucens</i>	8	8	0	48	8	16	8	8	0	0	0	0	16	0	16	8	8	16	16	0	16	8	0	16	16	8
<i>Bulimina marginata</i>	27	40	96	48	80	248	56	89	88	320	455	696	225	224	209	24	120	186	168	120	262	216	48	72	552	488
<i>Bulimina subulata</i>	47	38	32	80	96	32	113	8	230	520	281	232	328	104	99	14	52	104	48	100	101	108	22	44	312	256
<i>Cibicides spp.</i>	6	44	50	46	47	100	27	57	50	88	39	30	888	16	59	44	49	50	30	72	20	96	121	50	25	30
<i>Chilostomella ovoidea</i>	4	5	8	8	4	18	24	14	17	64	16	11	65	25	22	22	14	44	78	24	90	102	27	49	35	41
<i>Cribratomoides subglobosum</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	32	20	36	51	365	512
<i>Cyclammina cancellata</i>	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	16	0	1	0	6	11	1	58	3
<i>Dentalina spp.</i>	2	0	2	0	1	4	0	0	0	0	0	0	10	0	2	0	1	2	20	8	2	10	21	19	4	3
<i>Epistominella exigua</i>	400	560	320	2880	984	600	648	320	1264	1840	5208	1872	3792	200	1640	416	1120	880	1072	2984	4480	1344	376	1264	1788	2016
<i>Glorborotalia inflata</i>	13	22	90	57	63	128	42	65	132	185	53	184	127	72	30	42	116	92	32	23	96	192	79	51	40	55
<i>Globobulimina túrgida</i>	5	3	6	6	3	6	4	3	1	3	1	1	5	0	3	6	8	4	10	0	34	0	21	12	14	14
<i>Globrotalia truncatulinoides</i>	13	10	18	15	8	12	2	17	12	50	20	16	20	9	3	6	28	4	6	13	78	8	10	6	12	3
<i>Globigerina bulloides</i>	7	8	8	15	75	10	51	25	18	75	344	150	144	3	52	12	27	18	8	9	26	12	9	9	2	1
<i>Hoeglundina elegans</i>	36	41	30	23	49	46	8	41	23	15	4	1	34	0	7	18	5	26	18	5	10	34	42	25	14	8
<i>Hyalinonetrion clavatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	8	0	8	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nonionella stella</i>	6	40	16	0	32	8	16	0	0	8	16	16	16	8	8	8	8	24	16	8	24	16	0	0	8	8
<i>Orbulina universa</i>	21	12	18	8	8	42	18	34	27	80	144	113	59	16	32	16	4	32	0	25	36	32	50	27	3	79
<i>Oridorsalis umbonatus</i>	10	11	4	11	16	22	8	14	11	30	11	1	38	5	5	24	15	20	14	30	14	12	26	33	39	14
<i>Pyrgo depressa</i>	1	0	0	39	12	6	8	0	8	8	1	1	5	5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	1
<i>Procerolagena gracilis</i>	1	0	0	16	0	6	0	0	8	24	8	0	0	8	0	8	8	0	0	16	8	48	2	0	0	8
<i>Pseudononion atlanticum</i>	18	8	32	24	0	0	16	0	8	24	24	16	32	8	8	0	8	8	8	8	16	0	16	0	64	0
<i>Reophax fusiformis</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0	0	0	2	0	1	2	6	8	0	11	26
<i>Stainforthia complanata</i>	43	72	80	280	176	56	56	56	104	224	72	96	173	56	56	24	72	54	72	104	56	136	24	48	176	200
<i>Textularia spp.</i>	4	0	0	0	8	0	8	16	8	24	40	56	80	8	0	0	16	16	24	8	24	8	0	56	10	96
<i>Uvigerina bifurcata</i>	25	45	8	104	25	30	20	8	21	168	36	21	10	150	6	22	26	14	91	20	212	80	117	87	40	82

9. TABLAS

Tabla 1: Tabla con observaciones en cada estrato muestreado del BC56

BC56 (cm)	CARACTERÍSTICAS					
	(\varnothing 0.063)			(\varnothing 0.250)		
	Sedimento	Fauna	Observaciones	Sedimento	Fauna	Observaciones
1	Gran cantidad, fino. restos de mica	Muchos foraminíferos. Gran cantidad de espículas de sílice y radiolarios, ostrácodos (casi no se ven).	Se ven muchos restos partidos de foraminíferos (quebrados) algunos no brillan (perdida de brillo). El tamaño de los tests varían desde muy pequeños a unos muy robustos, y alguno de los robustos aparecen en el o.250.			Se vio que la mayoría estaban rotos.
2	Mucho sedimento fino y conglomerado. Poca mica.	Gran abundancia de foraminíferos, espículas y radiolarios. No se vio ostrácodos. Algunas diatomeas.	La gran mayoría de los foraminíferos son de muy pequeño tamaño. Poca diversidad.	Se observa un trozo de roca de tamaño considerable, se ven varios cuarzos de tamaño grande. El sedimento es blackolive, compactado y fino. También se ven otros tipos de rocas, como de colores más blanquecinos. Se ve sedimento pelítico y más grosero en la misma muestra.	Se observa abundancia de foraminíferos. Se observa una gran cantidad de planctónicos. Se ven muchos foraminíferos PIRITIZADOS (como en el resto de las muestras del BC56).	Muchos foraminíferos de gran tamaño, gran parte del total está partido.
3	Sedimento fino y conglomerado. Poca mica.	Foraminíferos abundantes y variados, Gran cantidad de	Se observó que la mayoría están enteros y MUY POCO rotos (quebrados). No se ve mucho la presencia de			Se observo restos de rocas.

		espículas, algunos ostrácodos, pocos Radiolarios y diatomeas.	aglutinantes.			
4	Sedimento fino y conglomerado. Poca mica.	Mucha cantidad de foraminíferos y radiolarios, algunas espículas. No se observó ostrácodos ni diatomeas.	Se observa gran variedad de foraminíferos (muchas especies o géneros). IMPRESIONANTE LA CANTIDAD.	Sedimento un poco más grueso y conglomerado (color Blackolive). Se observó restos de rocas (cuarzo), poca mica.	Se observa foraminíferos de gran tamaño, medio y pequeños. Algunas espículas, y ninguna presencia de ostrácodos, radiolarios ni diatomeas.	Se observa una gran cantidad de restos (foraminíferos partidos) en la muestra. Se observa un aumento en el tamaño de foraminíferos, con respecto al centímetro 3.
5	Sedimento fino y conglomerado. De poca a ninguna mica.	Gran abundancia de foraminíferos, espículas y radiolarios. No se observan ostrácodos ni diatomeas.			Se observó mayoritariamente foraminíferos enteros y algunos rotos.	
6	Sedimento fino y conglomerado. Alguna mica.	Gran cantidad de Foraminíferos, espículas y radiolarios. Algunas diatomeas.	Se observó que la mayoría de los foraminíferos eran grandes y enteros, había pocos rotos, parecían estar bien conservados, se podría decir.	Se observa restos grandes de rocas u otros granos.		
7	Mucho sedimento fino y conglomerado. Alguna mica.	Gran abundancia de foraminíferos y algunas a pocas espículas,	Se observa gran cantidad de foraminíferos rotos.	Se observa restos de fragmentos de sedimentos blackolive y restos de otro		Foraminíferos muy débiles y la mayoría fragmentados, algunos son bastantes grandes. Se observa estructuras blancas

		algunos ostrácodos, radiolarios y diatomeas.		material.		sin saber bien a que corresponde. Es algo puntual que aparece en este centímetro.
8	Sedimento fino y conglomerado (¡abundante!). Poca mica.	Gran cantidad de Foraminíferos y espículas, algunos Radiolarios y pocas diatomeas.	La gran mayoría de los foraminíferos son de muy pequeño tamaño y se encuentran rotos.	Presencia de varios tipos de tamaños de grano. Mineral metalizado		Presencia de planctónico.
9	Sedimento fino y conglomerado. Alguna mica.	Gran cantidad de Foraminíferos y radiolarios. Se observan algunas espículas y diatomeas. No se ven ostrácodos.	Los foraminíferos son muy abundantes y de muy pequeño tamaño en su mayoría.	Se observa gran cantidad de sedimento grueso o compactado. Se ven restos grandes de roca (verde-oliváceo) y de granos de cuarzo.		Foraminíferos grandes y gran resto de otros rotos. La gran mayoría de los foraminíferos se encuentran fragmentados.
10	Sedimento fino y conglomerado. Poca mica.	Gran abundancia de Foraminíferos, algunas espículas, pocos radiolarios y diatomeas. No se observó ostrácodos.		Sedimento fino, conglomerado y compactado. Se observa restos de roca y cuarzos. Sedimento black-olive.	Gran abundancia de Foraminíferos, algunos radiolarios, pocas espículas y diatomeas. No se observó ostrácodos.	Los foraminíferos están bastante preservados, hay planctónicos.
11	Sedimento fino. Poca mica.	Gran abundancia de foraminíferos, espículas y			Gran cantidad de foraminíferos.	Algunos foraminíferos estaban rotos. Hay una disminución de los foraminíferos de gran

		radiolarios. Algunas diatomeas. No se observó ostrácodos.				tamaño con un aumento de los pequeños, probablemente hay un cambio de energía porque se ve sedimento fino.
12	Sedimento fino con granos de cuarzo pequeños. Poca mica.	Se ven gran cantidad de foraminíferos, espículas, radiolarios. Algunos ostrácodos y diatomeas.	Se observa presencia de planctónicos, disminución de planctónicos con respecto a muestras anteriores.	Más homogéneo el tamaño de grano.		Hay una disminución de los foraminíferos de gran tamaño con un aumento de los pequeños, probablemente hay un cambio de energía porque se ve sedimento fino.
13	Sedimento fino. Poca mica.	Gran abundancia de foraminíferos, algunas espículas, pocas diatomeas y radiolarios y ningún ostrácodo.		Se observa bastante restos de cuarzos.	Poca ninguna espícula, ni diatomeas.	Se observan foraminíferos relativamente enteros, y el resto de la muestra está todo roto y se ven restos de sedimento. Se vuelven a ver los foraminíferos quebrados, y aparecen nuevamente los aglutinantes quebrados. Hay planctónicos. Hay un cambio en la composición específica de nuevo. Empieza a aumentar el número de caparzones en el tamiz 0.250, como ocurría anteriormente. Se observa restos de conchillas de otros organismos, que no son foraminíferos.
	Sedimento fino y conglomerado,	Se observa gran cantidad de	Hay leve aumento de los elementos y se se ve			Se ven algunos foraminíferos grandes (la gran mayoría están

14	gran cantidad. Poca mica.	foraminíferos y de muy pequeño tamaño. Algunos radiolarios, algunas espículas y ninguna diatomea ni ostrácodo.	reflejado en los organismos. Hay un aumento del material fino, arcilloso.			rotas).
15	Se observa gran cantidad de sedimento muy fino y conglomerado. No se observa presencia de mica.	Gran cantidad de foraminíferos, espículas y radiolarios. Se observan pocas diatomeas y ningún ostrácodo.	Foraminíferos de muy pequeño tamaño.		Gran cantidad de foraminíferos	Algunos rotos. Pocos pero hay un aumento. Hay un leve nuevo aumento de lo terrígeno y de la productividad.
16	Sedimento fino y conglomerado. Alguna mica.	Se observa gran cantidad de foraminíferos, algunas espículas y radiolarios y no se observa presencia de diatomeas ni de ostrácodos.	Restos partidos de foraminíferos.	Se observa un sedimento más homogéneo en relación a los primeros centímetros		Re aparecen los aglutinantes, gran cantidad de organismos quebrados. Foraminíferos bastante quebrados. No se observan muchos planctónicos.
17	Sedimento fino y conglomerado (abundante) y también se observa mucha cantidad de	Gran cantidad de foraminíferos, algunas espículas, pocos radiolarios y diatomeas y		Sedimento fino y conglomerado. Poca mica.	Se observa gran cantidad y diversidad de foraminíferos, pocas espículas, radiolarios, y	Se ven algunos foraminíferos con la conchilla muy débil y partidos (gran cantidad). Mucha cantidad de <i>Uvigerina spp.</i> de gran tamaño. Hay algunos planctónicos.

	granos de cuarzo (arena finita), mezclada con sedimento fino. Poca mica.	ningún ostrácodo.			diatomeas.	
18	Sedimento fino y conglomerado. No se observa mica.	Gran cantidad de foraminíferos, algunas espículas, radiolarios y diatomeas. No se observa ostrácodos.	Foraminíferos muy pequeños.	Sedimento más grosero.		Dominan los aglutinantes, pocos planctónicos. Hay una menor productividad.
19	Sedimento fino y conglomerado. Poca mica.	Gran cantidad de foraminíferos, algunas espículas. Pocos radiolarios y diatomeas. Se observó 1 ostrácodo.	La gran mayoría de los foraminíferos son de muy pequeño tamaño.			Presencia de algunos foraminíferos quebrados y en menor proporción que en el centímetro anterior. En la fracción 0.250, no se ve lo que se observaba en la superficie.
20	Sedimento fino y conglomerado. Poca mica.	Gran cantidad de foraminíferos y radiolarios. Se ven algunas espículas y diatomeas. Se ven fragmentos de ostrácodos.	Los foraminíferos se ven deteriorados, como viejos. La fracción fina no es de la más pelítica que se han visto.		Gran cantidad de foraminíferos	Algunos foraminíferos están rotos. Continúa la presencia de aglutinantes en 0.250.
21	Sedimento fino y conglomerado. Poca mica.	Se observa gran abundancia de foraminíferos,	La gran mayoría de los foraminíferos son de muy pequeño tamaño. Se ve un	Sedimento más homogéneo en relación a los		La muestra se ve muy rota, solo se ven algunas especies, pero está todo destruido. Se tomo

		algunas espículas y radiolarios, pocas diatomeas y ningún ostrácodo.	aumento en <i>Uvigerina spp.</i>	centímetros anteriores.		una muestra de quitina para análisis.
22	Sedimento fino y conglomerado, se observó algunos fragmentos de cuarzo. No se vio mica.	Gran abundancia de foraminíferos, algunas espículas, radiolarios y diatomeas. No se vio ostrácodos.	Foraminíferos de muy pequeño tamaño.			Siguen apareciendo los aglutinantes grandes. Se observan gran cantidad de <i>Uvigerinas spp.</i>
23	Sedimento fino y conglomerado. Poca mica.	Gran cantidad de foraminíferos, radiolarios y diatomeas. Algunas espículas y ningún ostrácodo.	La mayoría de los foraminíferos son de pequeño tamaño. Se observa muchos restos de foraminíferos rotos y de radiolarios.			La muestra se ve muy rota, solo se ven algunas especies, pero está todo destruido. Disminución de los organismos en 0.250. Gran cantidad de <i>Uvigerinas spp.</i>
24	Sedimento fino y conglomerado. Gran cantidad de mica.	Gran cantidad de foraminíferos, radiolarios y diatomeas. Se ven algunas espículas y ningún ostrácodo.	La mayoría de los foraminíferos están rotos y se ven restos por toda la muestra.			Mucha cantidad de organismos y la gran mayoría rotos. Muchos aglutinantes. Restos de carbonatos de calcio mayores, "huevitos de quitina". Mucha <i>Uvigerina spp.</i>
	Sedimento fino y conglomerado. Poca mica.	Gran cantidad de foraminíferos, espículas y	Foraminíferos muy pequeños.	Granos de cuarzo de algunos colores y otros granos con otras	Gran cantidad de foraminíferos. Pocas espículas,	Foraminíferos grandes y la gran mayoría rotos (algunos a penas se tocan se rompen). No hay

25		diatomeas. No se observó ostrácodos.		<p>texturas y colores. El sedimento restante (la mayor parte) presenta una forma "compacta" de color blackolive.</p> <p>Por otro lado, sin embargo, se observa como si fuera arena.</p> <p>Se observa que la mayoría de los cantos de sedimento "pedritas" están como retrabajadas y como redondeadas (alta energía).</p>	radiolarios, y ninguna diatomea ni ostrácodo.	<p>muchos planctónicos en relación a otros estratos. Sedimento bastante homogéneo.</p> <p>Parece observarse moldes de algunos ejemplares. Se ven muchos foraminíferos aglutinantes, se observa como una selección en los granos que los forman. Se observa también gran cantidad de planctónicos (la gran mayoría rotos).</p>
26	Sedimento fino y conglomerado. No se observa mica.	Gran cantidad de foraminíferos, radiolarios y diatomeas. Se ven algunas espículas y ningún ostrácodo.	Se ven como anfípodos, Se observan muchas formas aglutinantes de pequeño tamaño, algunos aglutinantes presentan coloraciones más amarillentas y otras más blanquecinas.			<p>Muchas especies de aglutinantes, hay presencia de hierro en la muestra. Mucha <i>Bulumina marginata</i>. Pocos planctónicos. Presencia de "huevitos de quitinas".</p>

Tabla 2. Parámetros poblacionales de foraminíferos para el BC56 (cm). D_{63} =densidad de foraminíferos en la fracción 63 μm , D_{250} =densidad de foraminíferos en la fracción 250 μm , D_t =densidad total de la estación BC56, J' = Equidad de Pielou, R' =riqueza total, H' =Diversidad de Shannon, BFHP= Porcentaje de especies indicadoras de productividad y BFOI= índice del grado de oxigenación del medio. La profundidad se representa de tope a base.

BC56	Dt 0.63	Dt 0.250	Dt	J'	R'	H'	BFHP (%)	BFOI (%)
0_1	468	292	760	0.628	25	2.023	24	29
1_2	775	245	1020	0.622	21	1.893	29	29
2_3	824	124	948	0.783	20	2.345	30	33
3_4	3556	264	3832	0.388	21	1.18	24	33
4_5	1747	258	2005	0.634	22	1.96	27	29
5_6	1354	174	1528	0.697	23	2.186	26	29
6_7	1108	131	1239	0.631	23	1.98	26	29
7_8	577	272	849	0.742	21	2.258	24	33
8_9	1912	228	2140	0.546	21	1.662	24	40
9_10	3954	361	4315	0.669	24	2.125	25	33
10_11	7289	132	7421	0.422	22	1.304	27	33
11_12	4221	76	4297	0.625	22	1.931	27	33
12_13	6454	415	6869	0.548	25	1.762	24	29
13_14	994	75	1069	0.765	22	2.364	27	33
14_15	2251	90	2341	0.433	21	1.317	29	29
15_16	697	99	796	0.657	22	2.031	27	29
16_17	1623	254	1877	0.545	23	1.708	26	29
17_18	1772	156	1928	0.663	25	2.133	24	29
18_19	1781	110	1891	0.587	22	1.814	27	29
19_20	3708	135	3843	0.36	26	1.172	27	33
20_21	6115	164	6279	0.41	26	1.335	25	29
21_22	2931	105	3036	0.674	25	2.169	24	29
22_23	853	637	1490	0.755	24	2.398	21	40
23_24	1352	620	1972	0.577	23	1.808	23	33
24_25	3438	672	4110	0.63	27	2.075	22	29
25_26	3547	847	4394	0.618	27	2.037	25	29

