



PEDECIBA-Geociencias

Facultad de Ciencias, UdelaR

Tesis de Maestría

**CARACTERIZACIÓN DEL MARGEN CONTINENTAL
URUGUAYO UTILIZANDO FORAMINÍFEROS
BENTÓNICOS VIVOS Y SU RELACIÓN CON LAS
CONDICIONES AMBIENTALES**

CAMILA de MELLO NICOLA

Orientadora: Dra. Leticia Burone Magariños

Montevideo, Uruguay

Marzo 2013

**Tesis presentada como parte de los requisitos para la obtención
del título de Magister en Geociencias.**

Juzgada el día/...../..... por

.....

Dr.

Calificación

.....

Dr.

Calificación

.....

Dr.

Calificación

AGRADECIMIENTOS

A **Leticia Burone** por orientarme durante la maestría, por la idea original para la realización de la tesis, por proporcionarme toda la infraestructura necesaria, contactos y por todas las correcciones realizadas. También muchas gracias por la enorme paciencia.

A **Paula Franco-Fraguas**, por presentarme a los foraminíferos en el Oliver y contagiarme las ganas de trabajar con ellos. No se me habría ocurrido realizar la maestría con foraminíferos de no ser por el trabajo realizado por Paula en ese embarque. También gracias por ayudarme en toda la parte metodológica de lavado, secado y flotado de muestras.

A **Leonardo Ortega** por los valiosos aportes y por las correcciones realizadas en la parte de oceanografía. Muchas gracias por contestar en seguida cada vez que te pregunté algo.

A **Silvia Watanabe y Violeta Totah** por abrirme las puertas del Museo Argentino, por el cálido recibimiento y por brindarme una ayuda imprescindible en la identificación de los foraminíferos.

A **Viviana Centurión**, muchas gracias por ayudarme con la identificación también!!

A **Nuria Lahuerta** por dedicar desinteresadamente su tiempo en San Pablo a analizar el CaCO_3 e isótopos de mis muestras.

A **Laura, Loreley, Noelia, María, Nuria, Vivi y todas las chiquilinas del piso 10**
Gracias por su buena onda!

A **Juan** por **ENCONTRAR** un sustituto barato y menos tóxico para el TCE y por acompañarme durante la maestría y más.

A **Marcelo Barreiro, Carla Bonetti y Peter Sprechman** por los comentarios y sugerencias realizados.

Al programa de posgrado **PEDECIBA-Geociencias** y principalmente a **Analía Fein** por estar siempre disponible para ayudarnos a los estudiantes.

A la **ANII** por la ayuda financiera

Contenido

Figuras y Tablas	vi
Resumen	viii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Productividad oceánica	1
1.2 Foraminíferos bentónicos	4
1.3 Antecedentes en el Atlántico Sur.....	15
2. HIPÓTESIS DE TRABAJO Y OBJETIVOS	18
2.1 Hipótesis de trabajo	18
2.2 Objetivo general.....	18
2.3 Objetivos específicos	19
3. ÁREA DE ESTUDIO	20
3.1 Características generales	20
3.2 Topografía.....	22
3.3 Masas de agua e hidrodinámica.....	24
4. METODOLOGÍA	28
4.1 Obtención de datos hidrográficos	31
4.2 Caudales del Río Uruguay y del Río Negro.....	33
4.3 Producción primaria y flujo de carbono	33
4.4 Análisis sedimentológicos y geoquímicos	36
4.5 Análisis de la microfauna viva.....	37
4.6 Tratamiento estadístico de datos.....	41
5. RESULTADOS	44
5.1 Columna de agua	44
5.1.1 Condiciones oceanográficas	44
5.1.2 Producción primaria y flujo de carbono (PP y Jz)	46
5.2 Sedimento.....	53
5.2.1 Granulometría	53
5.2.2 Geoquímica: Indicadores de productividad marina	56
5.2.3 Indicadores del origen de la materia orgánica	59
5.2.3 Elementos traza	61
5.3 Análisis de componentes principales (ACP)	61

5.4 Resultados biológicos.....	65
5.4.1 Especies encontradas	65
5.4.2 Estimadores ecológicos	71
5.4.3 Análisis de Cluster	72
5.4.4 Distribución vertical de foraminíferos.....	75
5.5 Relaciones entre parámetros bióticos y abióticos	84
5.5.1 Correlaciones Spearman	84
5.5.2 Análisis de Escalonamiento Multidimensional no paramétrico (nMDS)	88
6. DISCUSIÓN	89
6.1 Columna de agua	89
6.1.1 Condiciones oceanográficas	89
6.1.2 PP y Jz	91
6.2 Sedimento.....	93
6.2.1 Indicadores de productividad	93
6.2.1.1 Control energético sobre los indicadores de productividad.....	95
Plataforma externa y talud superior	95
Talud medio.....	97
Cañones.....	99
6.2.2 Proxies de origen de la materia orgánica y fuente de sedimentos	101
6.3 Análisis de Componentes Principales (ACP)	102
6.4 Estimadores biológicos	103
6.4.1 Asociaciones de especies: Asociación <i>S. complanata</i> , <i>GIII</i>	105
6.4.2 Asociación <i>E. exigua</i> , <i>GII</i>	110
6.4.3 Asociación <i>R. sepetibaensis</i> , <i>GI</i>	114
6.5 Escalonamiento Multidimensional no paramétrico (nMDS).....	117
6.6 Distribución vertical de las especies dominantes	118
6.7 Consideraciones finales	120
7. CONCLUSIONES.....	124
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	127
9. ANEXOS	146
9.1 Anexo I.	146
9.2 Anexo II	153

9.3 Anexo III	155
----------------------------	------------

Figuras y Tablas

Figura 1: Modelo TROX propuesto por Jorissen et al. (1995).....	9
Figura 2: Principales perfiles de distribución vertical de foraminíferos.....	11
Figura 3: Área prospectada en la campaña 0110 a bordo del B/O Miguel Oliver	22
Figura 4: Topografía del área de estudio	24
Figura 5: Ubicación de las estaciones analizadas	29
Figura 6: Detalle de la topografía del área cercana a las estaciones BC16, BC22, BC35 y BC59	30
Figura 7: Detalle de una muestra obtenida mediante la draga boxcorer.....	31
Figura 8: Ubicación de las estaciones de CTD analizadas	32
Figura 9: Distribución de salinidad y temperatura sobre el área de estudio.....	45
Figura 10: Caudales medios mensuales de los ríos Uruguay y Negro	46
Figura 11: Distribución de la producción primaria mensual para febrero 2009 - enero 2010.....	47
Figura 12: Concentración de clorofila durante febrero 2009 - enero 2010.....	48
Figura 13: Producción primaria para el período febrero 2009 - enero 2010	49
Figura 14: Producción primaria para el período 16 octubre 2009 - 02 febrero 2010.	50
Figura 15: Concentración de Clorofila para el período 16 octubre de 2009 - 02 febrero 2010.....	51
Figura 16: Concentración de clorofila para el período 16 - 24 de octubre de 2009...	51
Figura 17: Perfiles de distribución vertical de los porcentajes de sedimento	54
Figura 18: Distribución vertical de carbono orgánico, carbonato de calcio y nitrógeno	57
Figura 19: Análisis de componentes principales con todas las variables abióticas...	63
Figura 20: Análisis de componentes principales con proxies del estado trófico.....	64
Figura 21: Porcentaje y densidad de foraminíferos encontrados en las estaciones analizadas.....	67
Figura 22: Distribución espacial de la densidad de los taxa más abundantes	68

Figura 23: Porcentaje de individuos perteneciente a cada especie encontradas en cada estación.....	69
Figura 24: Diagrama de cluster modo Q	74
Figura 25: Diagrama de cluster modo R	75
Figura 26: Distribución vertical de foraminíferos y funciones ajustadas.....	78
Figura 27: Distribución vertical de las especies dominantes en cada testigo	84
Figura 28: Producción primaria y estaciones analizadas escaladas según los porcentajes de carbono orgánico.....	87
Figura 29: Producción primaria y estaciones analizadas escaladas según BFHP....	87
Figura 30: nMDS indicando las relaciones de similaridad entre las estaciones analizadas.....	88
Tabla 1: Estaciones analizadas, posición y profundidad	29
Tabla 2: Temperatura y Salinidad sobre las estaciones analizadas.....	45
Tabla 3: Producción primaria y flujo de carbono sobre las estaciones para febrero 2009 - enero 2010.....	49
Tabla 4: Producción primaria y flujo de carbono sobre las estaciones para los 3 meses anteriores al muestreo de cada estación.....	52
Tabla 5: Variables abióticas medidas en el sedimento.....	60
Tabla 6: Concentraciones de los elementos Al, Ti y razones Ba/Al y Ba/Ti	61
Tabla 7: Parámetros poblacionales de foraminíferos	72
Tabla 8: Porcentaje de individuos encontrados en cada <i>microhábitat</i>	76
Tabla 9: Correlaciones de Spearman.....	86

Resumen

El presente estudio comprende el análisis de datos oceanográficos, geoquímicos, sedimentológicos y foraminiferológicos en el margen continental uruguayo, con el fin de comprender su estado trófico. Se analizaron 11 testigos obtenidos en la campaña 0110 realizada por el B/O Miguel Oliver en 2010. En cada testigo se analizó la microfauna viva, datos sedimentológicos y geoquímicos en 10 estratos de 1 cm de altura desde la superficie. Las especies de foraminíferos fueron identificadas, cuantificadas y elaborados perfiles de la distribución vertical de densidad. Los porcentajes de carbono (C_{org}), nitrógeno (N_t), carbonato de calcio ($CaCO_3$), razón C/N e isótopos estables de la materia orgánica ($\delta^{13}C$ y $\delta^{15}N$) fueron obtenidos para cada estrato, junto con datos superficiales de aluminio (Al), titanio (Ti), razones Ba/Al y Ba/Ti. También fue estimada la producción primaria (PP) y el flujo de carbono (Jz) a partir de imágenes satelitales. Se encontraron elevados niveles de PP y Jz sobre toda el área, pero principalmente al Sur y cercanos a la plataforma. La distribución de C_{org} , N_t y $CaCO_3$ no se relacionó con PP y Jz, lo hizo con la energía del ambiente (representada por el tamaño de grano), evidenciando la influencia de las corrientes en el transporte de material. Fueron encontradas 79 especies, las de mayor densidad y distribución espacial fueron *Rhumblarella sepetibaensis*, *Bulimina* spp., *Epistominella exigua* y *Reophax* spp. La distribución de la microfauna respondió a PP, Jz y granulometría mediante su composición específica, densidad y perfiles de distribución vertical. Las estaciones arenosas al Sur del área presentaron las mayores densidades y estuvieron dominadas por especies oportunistas junto con perfiles de distribución vertical con máximos subsuperficiales de densidad, concordando con las estimaciones de PP y Jz. Las

estaciones cercanas a cañones y en la zona media del área, estuvieron dominadas por sedimentos finos (que limitaron la penetración de oxígeno), presentaron perfiles exponenciales de la densidad y las especies dominantes fueron típicas de hipoxia, sugiriendo al oxígeno como factor limitante. Finalmente, se concluyó que el área presenta elevado estado trófico. Además se infirió que los principales parámetros controladores en las asociaciones faunísticas serían las condiciones hidrodinámicas, que en el período de estudio coincidieron con El Niño. Éstas determinan diferencias en la PP superficial según la ubicación de las masas de agua y sus frentes. En profundidad, según la intensidad de corrientes, determinan diferencias en la energía del ambiente bentónico. Así controlarían el tamaño de grano (relacionado a la disponibilidad de oxígeno) y la sedimentación de C_{org} , N_t y $CaCO_3$.

Palabras clave: Estado trófico, producción primaria, foraminíferos bentónicos, margen continental.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Productividad oceánica

Los organismos fotosintéticos, mediante la fijación del carbono realizan el *link* entre la energía solar y la materia orgánica de la cual depende el resto de los niveles tróficos (Clark & Sherman, 1986). Así, la producción primaria (PP) representa el nivel de actividad de los organismos fotosintéticos y es definida como la cantidad de carbono fijado por unidad de área y tiempo. La fijación de carbono ocurre tanto en los ambientes terrestres (52 %) como marinos (48 %), siendo la actividad fotosintética marina un componente clave del ciclo global del carbono (Field et al, 1998). En este sentido, es estimado que cada año unas 45 - 50 Gt de carbono son fijados por una biomasa de 1 Gt de organismos fitoplanctónicos (Field et al, 1998).

Los océanos modernos se caracterizan por presentar una elevada variabilidad espacio temporal de la productividad primaria (Carr et al 2005; Sun et al., 2005). Sin embargo, esta variabilidad no puede ser explicada mediante datos obtenidos en campañas oceanográficas, ni realizarse observaciones directas de la variabilidad a mesoescala a través de muestreos puntuales. De esta manera, existe un submuestreo realizado por las campañas oceanográficas que implica la realización de extrapolaciones significativas, dificultando la cuantificación de la variabilidad a gran escala a partir de muestreos in situ (Carr et al., 2005).

Así, el sensoramiento remoto proporciona una solución a estos problemas (McClain et al., 1998). Los sensores que miden el color del océano son actualmente utilizados para

estimar la concentración de clorofila *a* en aguas superficiales con elevada resolución espacial y temporal (Platt & Sathyendranath, 1993; Longhurst et al., 1995; Antoine & Morel, 1996; Howard & Yoder, 1997; Behrenfeld & Falkowski 1997; Ondrusek et al., 2001; Carr et al., 2005; Sun et al., 2005).

La biomasa fitoplanctónica integrada en profundidad puede ser obtenida a partir de imágenes de color, asumiendo un perfil vertical y una relación entre el carbono orgánico (C_{org}) y la concentración de clorofila *a*. Para la obtención de valores de fotosíntesis (una tasa) desde valores de biomasa (*pool* de organismos), es necesaria una variable dependiente del tiempo (radiación solar fotosintéticamente activa, PAR) y una función que incorpore la respuesta fisiológica de la clorofila *a* a la luz, nutrientes, temperatura y otros parámetros. De esta manera, la temperatura superficial del mar (TSM) es usualmente utilizada en los modelos para parametrizar el potencial fotosintético. Existen así varios modelos que estiman la productividad superficial a partir de imágenes satelitales (e.g. Platt & Sathyendranath, 1993; Longhurst et al., 1995; Antoine & Morel, 1996; Howard & Yoder, 1997; Behrenfeld & Falkowski 1997; Ondrusek et al., 2001). Un parámetro en común que tienen varios de estos modelos es la máxima tasa fotosintética observada (normalizada por la biomasa) dentro de la columna de agua (P_{bopt}), que representa el rendimiento efectivo para condiciones específicas de luz.

En este sentido, el modelo desarrollado por Behrenfeld & Falkowsky (1997) ha sido ampliamente utilizado en estimaciones de la producción primaria superficial en los océanos (Behrenfeld et al., 2001; Gregg et al., 2003; Sun et al, 2005; Kahru et al., 2008; Burone et al., 2011). Los autores, partieron de una base de datos de 11283

medidas de fijación diaria del ^{14}C tomadas en 1698 estaciones oceanográficas alrededor del mundo (tanto en océano abierto como en regiones costeras) y desarrollaron un modelo dependiente de la irradiancia, con resolución vertical de la productividad (i.e. tipo VGPM, *Vertically Generalized Production Model*). Los parámetros del modelo fueron establecidos con datos provenientes de un solo crucero de investigación, pero la *performance* fue testeada con toda la serie de datos. Una vez realizado esto, el modelo fue simplificado permitiendo obtener una estimación de la productividad integrada en profundidad para la zona eufótica.

De la PP generada en superficie, solamente una pequeña fracción alcanza el sedimento en el océano profundo. En este sentido, se ha estimado que entre un 2 y un 20 % de la PP es transportada verticalmente y sobrepasa la termoclina. De esta fracción entre un 6 y un 25 % sobrepasaría los 1000 m de profundidad debido a procesos de respiración, consumo y transporte lateral del material orgánico (Boyd & Trull, 2007). En este sentido, Betzer et al. (1984) a partir de datos de flujo de material orgánico (obtenidos mediante trampas de sedimentos en mar abierto, donde el transporte lateral es despreciable) y de su relación con la productividad primaria superficial obtuvieron un modelo matemático dependiente de la profundidad que relaciona la PP con el flujo de carbono (Jz) que llega a los sedimentos. Si bien dicho modelo es válido solamente en regiones alejadas de los márgenes continentales, ha sido aplicado también sobre plataforma en el Atlántico suroccidental como una primera aproximación a los valores de Jz que llegarían al fondo tomando en cuenta la profundidad (Burone et al., 2011).

Finalmente, cabe destacar que en las últimas décadas varios estudios basados en trampas de sedimentos, fotografías de ambientes profundos, muestreos a través de *multicorer* e imágenes satelitales, han mostrado que el Jz también es variable a lo largo del tiempo en gran parte del océano, dependiendo principalmente de las variaciones en la producción superficial (Deuser & Ross, 1980; Honjo, 1982; Lampitt, 1985; Berguer & Wefer, 1990; Rice et al., 1994). En este sentido es conocido que la variabilidad en 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 (Carney, 1989; Jorissen et al., 1992; den Dulk, et al., 2000; de Rijk et al., 2000; Sun et al., 2005).

1.2 Foraminíferos bentónicos

El sedimento que cubre el fondo oceánico actual se compone en gran parte de caparazones de microorganismos entre los que se destacan los foraminíferos. Éstos son una clase de protistas pertenecientes al filo Granuloreticulosa e incluyen tanto especies planctónicas como bentónicas, siendo la mayoría bentónicas (Sen Gupta, 1999; Margulis & Schwartz, 2001).

Los foraminíferos bentónicos presentan un caparazón de forma variable, que puede estar compuesto de calcita, aragonita, sílice, partículas aglutinadas provenientes de los sedimentos donde habitan o de material orgánico. El caparazón puede estar formado por una o varias cámaras comunicadas entre sí por una abertura o foramen (Sen Gupta, 1999). Se distribuyen en el ambiente marino desde las regiones costeras hasta la planicie abisal, siendo que en el océano profundo representan más del 50 % de la

biomasa eucariótica (Gooday et al., 1992). Las asociaciones de foraminíferos en mar profundo en general están representadas tanto por especies con tecas calcáreas (hialinas y porcelanáceas) como por especies con tecas aglutinantes (Murray, 2006).

El grupo presenta una amplia distribución geográfica y temporal. La distribución espacial de los foraminíferos bentónicos depende de factores biológicos (e.g. competencia y predación) y abióticos. Dentro de los abióticos se han reconocido 5 factores como los principales responsables de la distribución del grupo en mar profundo. Se distinguen entonces: el Jz y contenido de oxígeno en los sedimentos; la advección lateral de masas de agua profunda; las condiciones hidro-sedimentarias y finalmente la disolución del carbonato de calcio por el agua de fondo, como los principales factores abióticos (Mackensen et al., 1995 y Schmiedl et al., 1997).

En este sentido, la disolución del carbonato aumenta con la presión y disminución de la temperatura, siendo mayor en las aguas frías de fondo. Se distingue así la lisoclina como la profundidad donde la mayor parte de los carbonatos se disuelven, permaneciendo los carbonatos más resistentes como algunos foraminíferos calcáreos. Existe un segundo nivel, nivel de compensación de calcita por debajo del cual todos los carbonatos se disuelven (Rhuleman et al., 1999). De esta manera la disolución de los carbonatos es el principal factor que determina un aumento en la proporción de foraminíferos de pared aglutinante con la profundidad (Murray, 2006).

Por su parte, el Jz junto con los procesos de advección lateral y las condiciones oceanográficas y sedimentarias determinan la disponibilidad de C_{org} y oxígeno en

sedimentos (Herguera 1992; Mahiques et al., 2004; Sun et al., 2005; Inthorn et al., 2006; Martins et al, 2006; Mahiques et al., 2009).

En ambientes marinos profundos el material orgánico que llega a los sedimentos depende principalmente de la PP en aguas superficiales. Análisis de datos *in situ* demuestran que puede existir un retraso de hasta 4 semanas entre un *bloom* fitoplanctónico y la deposición del fitodetritus en sedimentos (Fontanier et al., 2003; Fontanier et al, 2005; Sun et al., 2005; Murray, 2006). Los foraminíferos responden a aumentos en la producción fitoplanctónica mediante aumentos en su biomasa (Linke et al., 1995, Fontanier et al., 2003; Sun et al., 2005). Se ha reconocido una relación cuantitativa entre la densidad de foraminíferos bentónicos y la productividad superficial del océano, la cual constituye uno de los mejores indicadores del Jz en el lecho marino utilizado en paleo-oceanografía (Altenbach, 1985, 1988, 1992; Altenbach and Sarthein, 1989; Herguera & Berguer, 1991; Kaminski & Kunt, 1995; Loubere, 1996; Fariduddin & Loubere, 1997; Altenbach & Struck, 2001; Fontanier et al., 2003).

Finalmente, otras condiciones tales como las características de las masas de agua (temperatura, salinidad y nutrientes) también son importantes a la hora de explicar la distribución espacial y composición de la fauna de los foraminíferos (Schönfeld, 1997; Sousa et al., 2006; Eichler et al., 2008). La sensibilidad del grupo a cambios en los factores ambientales los convierte en una herramienta importante en la comprensión de cambios oceánicos relacionados con el clima, circulación (i.e. Schönfeld, 2002a, 2002b) y productividad marina (Herguera & Berger, 1991; Altenbach, 1992; Altenbach & Struck, 2001; Fontanier et al., 2003, Nagai et al, 2009; Burone et al., 2011). Así, el

conocimiento de la ecología de la microfauna viva contribuye con análisis paleoecológicos y paleoceanográficos.

Los foraminíferos bentónicos pueden encontrarse tanto en la interfase agua sedimento como dentro de la columna sedimentaria, hasta varios centímetros de profundidad. Las condiciones a las que están sometidos los individuos inmersos en el sedimento difieren en gran medida de las condiciones de superficie. En superficie el agua es rica en oxígeno y usualmente hay materia orgánica lábil (con altos valores nutricionales) disponible, mientras que algunos centímetros dentro de la columna sedimentaria se observa normalmente una limitante establecida por el oxígeno y la materia orgánica disponible es más refractaria, presentando menor valor nutricional (Jorissen, 1999). Existen por lo tanto diferencias significativas en las estrategias de vida de los individuos que habitan los diferentes estratos, entenderlas es esencial para comprender la ecología y el rol de este grupo en los ambientes marinos.

Para describir la estructuración vertical de los foraminíferos en el sedimento se ha clasificado a los *taxa* según su *microhábitat*. Éste está controlado por la acción conjunta de procesos físicos, químicos y biológicos. Existen varias clasificaciones de los *taxa* según su *microhábitat* siendo una de las más utilizadas la propuesta por Corliss (1991), quien distingue *taxa* epifaunales (encontrados en el primer centímetro), infaunales someros (en los primeros 2 centímetros) infaunales intermedios (entre 1 y 4 cm) e infaunales profundos (debajo de los 4 cm).

Este tipo de clasificación según el *microhábitat* resulta útil al realizar estudios oceanográficos y paleoceanográficos. La profundidad en el sedimento así como

patrones de abundancia en algunos estratos puede utilizarse como indicadora de las condiciones ambientales. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que esta clasificación es una simplificación ya que se basa en una combinación de datos de distribución de foraminíferos y una relación arbitraria entre morfología y distribución en la columna sedimentaria. Además, la mayoría de las especies son capaces de cambiar su *microhábitat* en respuesta a variaciones en las condiciones ambientales. Incluso temporalmente en un mismo lugar, en respuesta e.g. a aumentos del flujo de carbono orgánico debido a eventos de resurgencias estacionales (Jorissen et al., 1995; Schmiedl et al., 2000). De acuerdo a Schönfeld (2002), esta selección activa del *microhábitat* es una estrategia básica para optimizar la adquisición de alimento.

En las últimas dos décadas varios autores han resaltado la importancia del flujo orgánico y del oxígeno como los principales factores controladores de la distribución vertical de la microfauna bentónica en mar profundo (Jorissen et al., 1995; Jorissen, 1999; Fontanier et al., 2002). En este sentido, se destaca el modelo TROX propuesto por Jorissen et al. (1995). Éste es un modelo conceptual que explica la distribución vertical de los foraminíferos dependiendo de la relación entre los principales parámetros controladores (Figura 1).

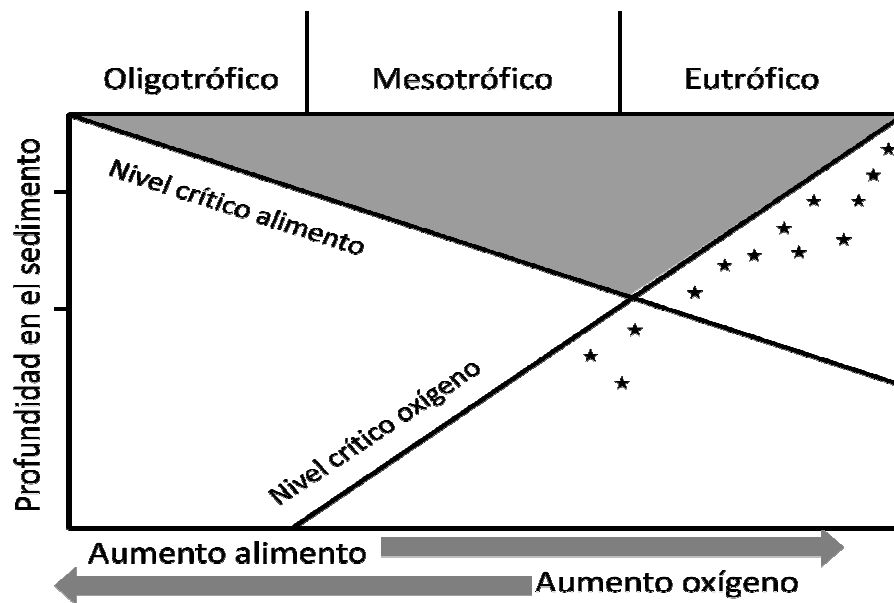


Figura 1- Modelo TROX propuesto por Jorissen et al. (1995). Se muestra la distribución vertical de los foraminíferos bentónicos en el sedimento como función de la disponibilidad de alimento y concentración de oxígeno. Las estrellas reflejan taxa infaunales que habitan sedimentos completamente anóxicos.

Según este modelo, en ambientes oligotróficos la disponibilidad de alimento es el factor limitante de la distribución vertical de individuos en el sedimento. Estos ambientes se caracterizan por una baja diversidad y densidad de individuos limitada exclusivamente a los estratos superiores, donde el poco material orgánico que llega es rápidamente consumido. Por su parte, en ambientes eutróficos el factor limitante de la distribución vertical es la concentración de oxígeno. En estos ambientes el oxígeno intersticial es consumido debido a la alta tasa de degradación aeróbica de la materia orgánica en los primeros milímetros del sedimento. De esta forma, si bien pueden haber concentraciones altas de material orgánico en estratos profundos, la falta de oxígeno limita la penetración de la mayoría de la fauna, determinando así la existencia de una

fauna poco diversa (pero con alta densidad de individuos) limitada a los primeros milímetros del sedimento. Bajo estas condiciones, *taxa* típicamente infaunales pueden ser encontrados en superficie. Así, la máxima penetración de la fauna en el sedimento será encontrada en ambientes mesotróficos, donde el material orgánico que llega es alto y la disponibilidad de oxígeno llega a niveles relativamente profundos. En estos ambientes, partículas de material orgánico son introducidas en el sedimento por bioturbación. Los límites de tolerancia entre estos parámetros varían entre especies, explicando así los diferentes límites inferiores descritos en la literatura.

Dicho modelo también tiene en cuenta la presencia de organismos en sedimentos anóxicos ($0.1 - 0 \text{ mL}^{-1} \text{ O}_2$) en ambientes con alto contenido de materia orgánica, estos organismos se alimentarían de bacterias anaeróbicas, las cuales se ubican verticalmente en los sedimentos en respuesta a los distintos oxidantes (oxígeno, azufre, nitrógeno), (Van der Zwaan & Jorissen, 1991; Jorissen, 1999). En este sentido, las relaciones tróficas entre foraminíferos bentónicos y bacterias han sido evidenciadas en varios trabajos (Bradshaw, 1955; Lee et al., 1966; Lee & Muller, 1973; Bernard & Bowser, 1992). Las predicciones del modelo han sido confirmadas por Fontanier et al. (2002).

Por otro lado, Jorissen (1999) distingue cuatro perfiles principales de distribución vertical en el sedimento encontrados en la naturaleza (A, B, C y D), (Figura 2). Estos perfiles son variables en espacio y tiempo y representan la respuesta de los individuos a los principales parámetros controladores.

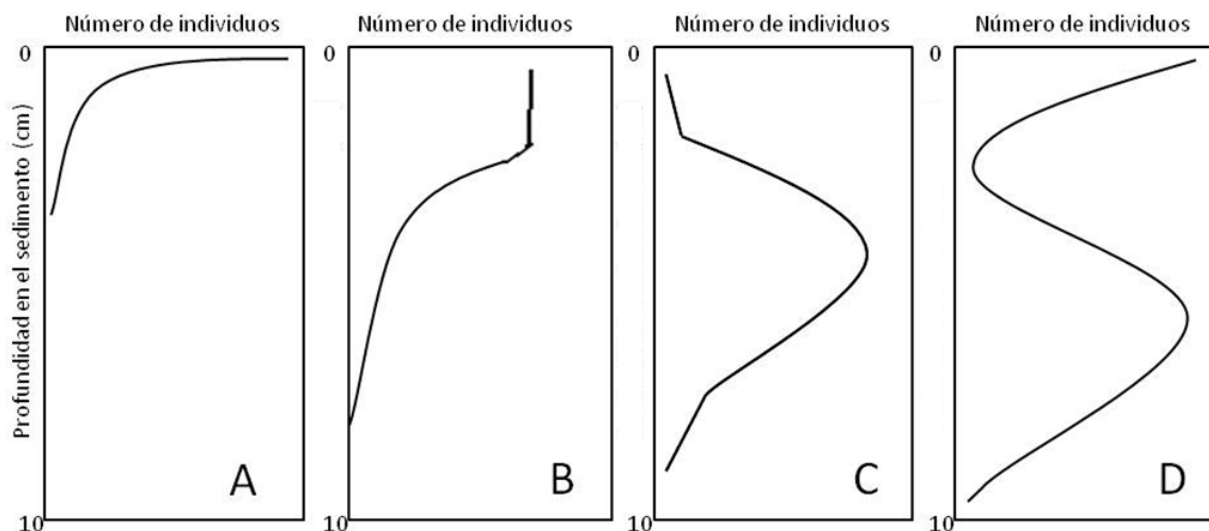


Figura 2- Principales perfiles de distribución vertical de foraminíferos.

El primer tipo de perfil (Figura 2A) es típico del océano profundo. Este perfil presenta un decaimiento exponencial de la densidad de individuos con la profundidad, está constituido por aquellos *taxa* (epifaunales) que presentan una marcada preferencia por las condiciones presentes en la superficie del sedimento. En ambientes que presentan esta estructuración vertical se ha observado una prevalencia de condiciones oligotróficas (den Dulk et al., 2000; Burone et al., 2011). La preferencia de los foraminíferos por una posición elevada en el sedimento sería la respuesta de la fauna para obtener una mayor chance de capturar partículas de alimento del agua de fondo en un ambiente oligotrófico.

El segundo tipo de perfil (Figura 2B) es característico de ambientes con turbación frecuente, donde tanto materia orgánica lábil como oxígeno son transportados a niveles inferiores del sedimento. Es encontrado en ambientes con mayor contenido de material

orgánico que el perfil A. En ellos es posible observar la presencia de alta proporción de *taxa* pertenecientes a los 4 *microhábitat* (anteriormente definidos) lo cual indica condiciones de mayor productividad (Burone et al., 2011). En ambientes con este tipo de perfil, se encuentran *taxa* que no presentan una clara preferencia por los niveles superiores del sedimento y toleran las condiciones encontradas en niveles inferiores (Jorissen, 1999).

El tercer tipo de distribución vertical (Figura 2C) muestra bajos valores en superficie y presenta uno o más máximos sub-superficiales. Se caracteriza por la presencia de *taxa* infaunales intermedios o profundos. Al disminuir las concentraciones de oxígeno en ambientes con alto contenido de material orgánico, la biomasa de la microfauna bentónica primero aumenta debido a una disminución de la predación y competencia con la macrofauna (Verhallen, 1991). Luego de una cierta concentración crítica de oxígeno la biomasa comienza a disminuir rápidamente hasta que eventualmente queda la comunidad microbial y algunos foraminíferos asociados.

Por último, el cuarto tipo de distribución vertical (Figura 2D) presenta un máximo superficial y uno o más máximos subsuperficiales. Esta distribución es típica de ambientes con alto contenido de material orgánico. En superficie la materia orgánica es lábil y en profundidad aumenta la proporción de materia orgánica refractaria. La distribución de densidad observada se debe a una estrategia para evitar la competencia entre *taxa*. En superficie se encuentran aquellos individuos oportunistas con altas tasas reproductivas, mientras que en profundidad lo hacen aquellos capaces de tolerar bajas concentraciones de oxígeno y aprovechar la materia orgánica mas refractaria.

Ha sido registrado que las especies infaunales profundas encontradas en el tercer y cuarto tipo de distribución se encuentran asociadas tróficamente a bacterias anaeróbicas. En tal sentido, Duchemin et al. (2005) han encontrado varias especies de foraminíferos relacionadas a la zona hiopóxica y las asociaron a la presencia de bacterias reductoras del nitrato, sugiriendo la existencia de relaciones tróficas entre ellos. Entonces para algunos *taxa* las condiciones anóxicas podrían no ser tan importantes en la distribución vertical en el sedimento (Van der Zwaan & Jorissen, 1991). Por su parte, Jorissen et al. (1998) y Fontanier et al. (2005) observaron que la distribución vertical de ciertos *taxa* infaunales profundos se debería principalmente a la estratificación vertical de varios stocks de bacterias (que se ubican siguiendo distintas capas redox) y estaría relacionada solo de manera indirecta a la difusión de oxígeno en los sedimentos.

A partir de los perfiles de distribución y su relación con el flujo de materia orgánica que llega al sedimento, se ha observado que la proporción de organismos infaunales está positivamente correlacionada con el estado trófico del sistema (Jorissen, 1999; den Dulk et al., 2000; Burone et al., 2011). De esta manera, la distribución vertical de los foraminíferos bentónicos en el sedimento ha sido utilizada en elaboraciones de modelos tróficos en regiones marinas profundas (Jorissen et al., 1991; Jorissen et al., 1995; Jorissen, 1999; Burone et al., 2011).

Así, el estado trófico y demás condiciones ambientales del sistema (e.g. energía, disponibilidad de carbono y nutrientes) se reflejan en las asociaciones de foraminíferos bentónicos y sus parámetros biológicos (densidad, composición específica, diversidad y distribución vertical). Conociendo la estructura comunitaria de los foraminíferos es

posible inferir las condiciones ambientales (Jorissen et al., 2007). Por este motivo, el estudio de las asociaciones de foraminíferos puede ser utilizado tanto para reforzar caracterizaciones actuales como para la aplicación de técnicas paleontológicas (reconstrucciones paleoambientales y paleoceanográficas).

En este sentido, se han reconocido diversas especies y asociaciones de foraminíferos como indicadoras de condiciones de alta productividad. Las especies oportunistas son las primeras en responder a los aumentos en la disponibilidad del fitodetritus. Fontanier et al. (2003) registraron aumentos en la biomasa de especies oportunistas 4 a 6 semanas luego de aumentos en la biomasa fitoplanctónica. Estas respuestas han sido registradas tanto en estudios de campo como en laboratorio (Linke et al., 1995). Asociaciones formadas por las especies oportunistas *Epistominella exigua* y *Alabaminella weddellensis* (Sun et al., 2005), *E. exigua* y *Uvigerina peregrina* (Mojtahid et al., 2010), *E. exigua* y *Reophax* sp. (Fontanier et al., 2003) fueron registradas dominando en ambientes con eventos estacionales de *bloom* fitoplanctónicos. *E. exigua* es reconocida como una de las especies dominantes luego de períodos de elevados flujos de carbono en todos los océanos. Streeter (1973), Sen Gupta et al. (1987) y Lukashina (1988) la encontraron dominando en el Atlántico Norte; Schmiedl et al. (1997) en el Atlántico Sur; Burke (1981) en el Pacífico y finalmente Corliss (1979) y Peterson (1984) en el Océano Índico.

La sedimentación estacional de fitodetritus también afecta a las especies infaunales. El pasaje de alimento hacia los estratos profundos es un proceso lento que ocurre vía turbación, explicando que la proliferación de las especies infaunales sea más lenta, 2 a 3 meses luego de la deposición del fitodetritus, (Fontanier et al., 2003). La respuesta de

taxa típicamente infaunales ha sido documentada en los sedimentos del margen continental de California. Especies como *Bolivina minuta*, *Chillostomella ovoidea*, *Epistominella smithi* y *Globobulimina pacifica* mostraron máximas abundancias dentro de la columna sedimentaria siguiendo eventos de *blooms* fitoplanctónicos (Corliss & Silva 1993; Silva 1996).

Por otro lado también han sido registradas asociaciones de foraminíferos vinculadas a condiciones de elevada energía. Especies de los géneros *Cibicides*, *Uvigerina* y especies aglutinantes de material grueso (e.g. *Psammosphaera*, *Reophax* y *Bigenerina*) han sido encontradas dominando bajo condiciones de fuertes corrientes de fondo que actúan resuspendiendo material orgánico y determinan una predominancia de sedimentos arenosos (Murray, 2006; Kaminski & Hebble, 1985; Schrödel, 1997; Fontanier et al., 2008). Por su parte, en ambientes marinos profundos no sometidos a la acción de corrientes intensas y de granulometría fina se ha detectado la dominancia de foraminíferos bentónicos aglutinantes de material fino (Kaminski & Schroeder, 1987).

1.3 Antecedentes en el Atlántico Sur

Existen numerosos estudios que utilizan a los foraminíferos como indicadores ambientales en el Atlántico Sur (Boltovskoy, 1976; Mackensen et al., 1993; Schmiedl, 1996; Harloff & Mackensen 1997; de Mello et al., 2006; Sousa et al., 2006; Eichler, 2008; Yamashita, 2011; Burone et al., 2011; Burone et al., 2013). En este sentido, Harloff & Mackensen (1997) investigaron muestras de sedimentos superficiales y estudiaron las asociaciones de foraminíferos vivos y muertos al Sur del Atlántico

Suroccidental. Dichos autores distinguieron diferentes asociaciones de foraminíferos según las características de las masas de agua y la profundidad. Reconocieron cambios en las asociaciones de especies que implicaban sustitución de especies calcáreas por aglutinantes, como indicadores de cambios en la profundidad de compensación del carbonato en el tiempo. También relacionaron la ocurrencia de ciertos *taxa* a la presencia de determinadas masas de agua, e.g. *Angulogerina angulosa* fue relacionada a fuertes corrientes de fondo y elevadas tasas de flujo orgánico típicas de la corriente de Malvinas.

Estudiando los foraminíferos vivos (en conjunto con otros indicadores) se han podido diferenciar regiones en cuanto a su productividad biológica en el Atlántico Suroccidental (e.g. Sousa et al., 2006; Burone et al., 2011; Yamashita, 2011). En este sentido, Burone et al. (2011) utilizando la distribución vertical de foraminíferos presentes en muestras de la plataforma externa y talud superior del SE brasilero encontraron mayores proporciones de infauna en las regiones sometidas a mayores flujos orgánicos y perfiles del tipo A en las regiones más oligotróficas, bajo influencia de la corriente de Brasil. Por su parte Yamashita (2011) estudiando los foraminíferos presentes en el sedimento superficial de varias estaciones ubicadas en el talud del SE brasilero, pudo diferenciar sectores de mayor y menor productividad basándose en las asociaciones de foraminíferos y sus parámetros poblacionales (e.g. diversidad y densidad) junto con el contenido de carbono en sedimentos.

Sin embargo, a pesar de existir numerosos estudios en la región, el margen continental uruguayo no es conocido en lo que se refiere a la distribución de foraminíferos bentónicos y los factores ambientales que la controlan. Los estudios realizados

utilizando foraminíferos bentónicos como indicadores en Uruguay son escasos y limitados a las zonas costeras (Burone et al., 2006; Centurión, 2011; Burone et al., 2013). El presente trabajo se presenta como un estudio pionero en la caracterización ambiental del borde de plataforma y talud uruguayos a partir del estudio de los foraminíferos bentónicos vivos y de su relación con diferentes variables abióticas.

2. HIPÓTESIS DE TRABAJO Y OBJETIVOS

2.1 Hipótesis de trabajo

La hipótesis de trabajo plantea que la distribución espacial de los foraminíferos bentónicos en el sedimento del margen continental uruguayo está determinada principalmente por la materia orgánica que llega al sistema y por la disponibilidad de oxígeno en la columna sedimentaria. Estos factores a su vez dependen directamente de la hidrodinámica de las masas de agua y de las características geomorfológicas. Existe una variación espacial de la PP y Jz que llega a los sedimentos, dependiente de la batimetría y latitud, debido a la ubicación de las corrientes de Brasil, de Malvinas y su confluencia, así como de aguas provenientes de la descarga del Río de la Plata. A su vez existen variaciones temporales de la PP y Jz debido a variaciones temporales en la posición de la confluencia de las corrientes de Brasil y de Malvinas, así como variaciones en la descarga en el Río de la Plata, que se ve afectada por los eventos ENSO. Todo esto se verá reflejado en las asociaciones de foraminíferos y en su distribución vertical. Por lo tanto, la hipótesis de trabajo implica encontrar una relación entre las variables abióticas estudiadas y las asociaciones de foraminíferos bentónicos, lo cual permitirá obtener una primera aproximación hacia la comprensión del estado trófico y los parámetros controladores en esta región.

2.2 Objetivo general

Comprender el estado trófico del margen continental uruguayo (quiebre de la plataforma y talud continental entre las isobatas de 200 m y 1000 m de profundidad) a

través de la caracterización trófica y geoquímica de los sedimentos superficiales y de su reflejo en las asociaciones de foraminíferos bentónicos vivos.

2.3 Objetivos específicos

- Estimar la producción primaria (PP) y flujo de carbono (Jz) hacia el fondo en el borde de plataforma y talud continental uruguayo.
- Determinar la naturaleza y el origen de la materia orgánica en sedimentos a partir de datos de porcentajes de carbono orgánico (C_{org}), nitrógeno (N_t), razones C/N, isótopos estables en la materia orgánica ($\delta^{13}C$ y $\delta^{15}N$) a lo largo de testigos analizados y de los elementos traza Al, Ti y razones Ba/Ti y Ba/Al.
- Identificar las especies de foraminíferos bentónicos vivos.
- Determinar especies que sirvan como indicadoras de elevada productividad e hipoxia.
- Analizar la estructuración vertical de los foraminíferos bentónicos vivos en el sedimento.
- Evaluar el uso de la densidad de foraminíferos bentónicos vivos, el índice BFHP (*Benthic Foraminifera High Productivity*) y el índice ALD_{10} como indicadores de producción primaria y flujo de carbono.
- Correlacionar los datos de distribución de microfauna, producción primaria en aguas superficiales, flujo de carbono y variables geoquímicas de los sedimentos y discutir su importancia en la caracterización de la productividad bentónica del sistema.

3. ÁREA DE ESTUDIO

3.1 Características generales

La zona de estudio se localiza en el margen continental uruguayo (entre las latitudes 36° 54' y 34° 64' S y longitudes 51° 66' y 53° 71' W) y comprende el área prospectada por el B/O Miguel Oliver durante enero y febrero de 2010 en el quiebre de plataforma y talud de la ZEE uruguaya (Figura 3). El margen continental uruguayo se caracteriza por ser un margen pasivo, formado por tres cuencas sedimentarias: Punta del Este, Pelotas y Oriental del Plata, cuya génesis está relacionada a la división de Gondwana y al surgimiento del Océano Atlántico (de Santa Ana et al., 2009; Verolavsky et al., 2010; Soto et al., 2011; Morales et al., 2011 a, b). La zona de quiebre de plataforma se encuentra ubicada entre los 160 y 220 m de profundidad (Urien & Ewing, 1974; Muñoz et al., 2010).

La evolución, morfología y cobertura sedimentaria del margen continental uruguayo es reflejo de la dinámica asociada a las sucesivas variaciones del nivel del mar durante el Cenozoico (Urien & Martins, 1979; Urien et al., 1980a, 1980b; Martins et al., 2003). El mayor conocimiento sobre la distribución de sedimentos en el margen continental está asociado a la plataforma (Ottman & Urien, 1965; Urien & Ottman, 1971; Urien & Ewing, 1974; Urien & Martins, 1979; Urien et al. 1980a, 1980b; Martins & Ponzi, 1980; Parker, 1985; López-Laborde, 1987, 1996, 1997, 1998, 1999; Martins, 1988), mientras que en el talud el conocimiento está fragmentado y restringido básicamente al talud superior (250 - 500 m) y medio (500 - 1000 m), (Muñoz et al., 2010; Franco-Fraguas et al., 2011).

En el talud continental uruguayo, existe evidencia de la influencia de procesos hemipelágicos (sedimentos terrígenos y partículas biogénicas que caen lentamente por la columna de agua), contorníticos (retrabajamiento y deposición de sedimentos por la acción de corrientes de fondo) y turbidíticos (transportes gravitatorios canalizados perpendiculares al talud), (Preu et al., 2010; Krastel et al., 2011; Franco-Fraguas, et al., 2011; Hernández-Molina 2011). En este sentido, Krastel et al. (2011), mediante estudios sísmicos y de estructuras sedimentares registraron deslizamientos en el talud continental uruguayo medio e inferior. Investigaciones realizadas en el margen continental norte de Argentina (Hernández-Molina et al., 2009; Bozzano et al., 2011) muestran procesos contorníticos asociados al talud superior. Dichos procesos también podrían ocurrir en el margen uruguayo. Resultados preliminares (Franco-Fraguas et al., 2011) sugieren esta posibilidad.

Estudios realizados por Frenz et al. (2003), Chiessi et al. (2007) y Bender (2012) aportan hacia una mejor comprensión de los procesos sedimentarios asociados a la confluencia de masas de agua con características termohalinas contrastantes. En este sentido, el sedimento ubicado bajo la zona de confluencia Brasil - Malvinas está caracterizado por presentar altas concentraciones de carbono orgánico, bajo contenido en carbonatos y altas proporciones de sedimentos de grano medio. Mientras que, la descarga del Río de la Plata es reconocida como una lengua de sedimentos arenosos terrígenos hasta los 4000 m de profundidad (Frenz et al., 2003).

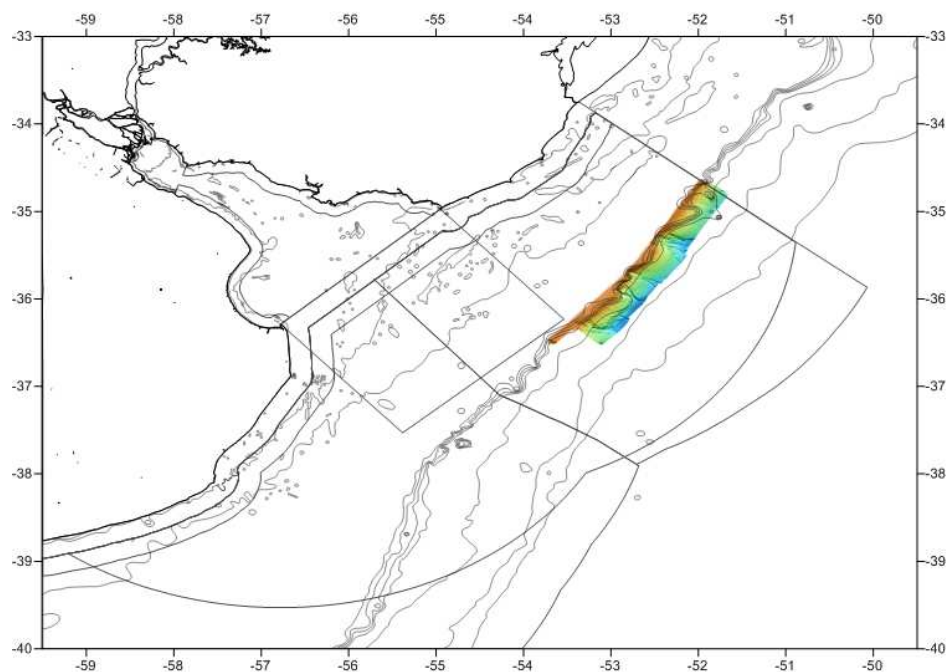


Figura 3- Área prospectada en la campaña 0110 a bordo del B/O Miguel Oliver.

3.2 Topografía

El área se caracteriza topográficamente por la presencia de 4 cañones submarinos y el comienzo de un quinto en el extremo sur. Los cañones se encuentran ubicados con su eje principal en dirección ESE sobre el talud. La cabecera está ubicada entre los 190 y 700 m de profundidad (a 350 m el cañón 1, a 190 m el cañón 2, 400 m el cañón 3 y a 700 m el cañón 4), (Figura 4).

En cuanto al origen de los cañones del área se han postulado diferentes hipótesis. En este sentido el origen de los cañones 1 y 2 probablemente esté asociado a flujos gravitatorios debidos a una erosión directa causada por los ríos a través de una plataforma emergida durante períodos de bajo nivel del mar. Mientras que, fallas y

subsecuentes deslizamientos serían probables mecanismos de formación de los restantes cañones sobre el área (Franco-Fraguas et al., *en preparación*).

El área presenta 63 formaciones de menor tamaño sobre el fondo, 22 de las cuales fueron clasificadas como montes submarinos y 41 como *pockmarks* (depresiones someras redondeadas). Los montes submarinos se ubican principalmente en las zonas central y Norte del área. Presentan una altura de hasta 24 m y un diámetro de hasta 1200 m y están distribuidos entre las profundidades de 167 y 326 m, la mayoría se encuentran aislados pero también hay agrupaciones de montes. Por su parte, los *pockmarks* presentan hasta 40 m de profundidad y 400 m de diámetro, estas depresiones son comúnmente encontradas a lo largo de márgenes continentales (Hovland & Judd, 1988). Tanto montes submarinos, como *pockmarks* han sido asociados a regiones con escapes de fluidos en la superficie en el área (de Santa Ana et al., 2008; de Mello & López, 2011). Fue registrada la presencia de varios surcos erosivos (*gullies*) con sus cabeceras sobre la isóbata de los 500 m. Éstos se distribuyen desde el margen continental brasilero hasta hasta la latitud de 35°08' S sobre el área de estudio (de Mello & López, 2011).

Es de destacar también, la presencia de arrecifes coralinos de aguas profundas formados por la especie *Lophelia pertusa*, asociados a los montes submarinos en el área. Éstos 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 el borde de plataforma y talud uruguayos (Carranza et al., 2012). La presencia de escapes de fluidos (Hovland et al., 2005), así como la

hidrología del área (Frederiksen et al., 1992) probablemente también se relacionen con la profundidad en que se encuentran los arrecifes coralinos.

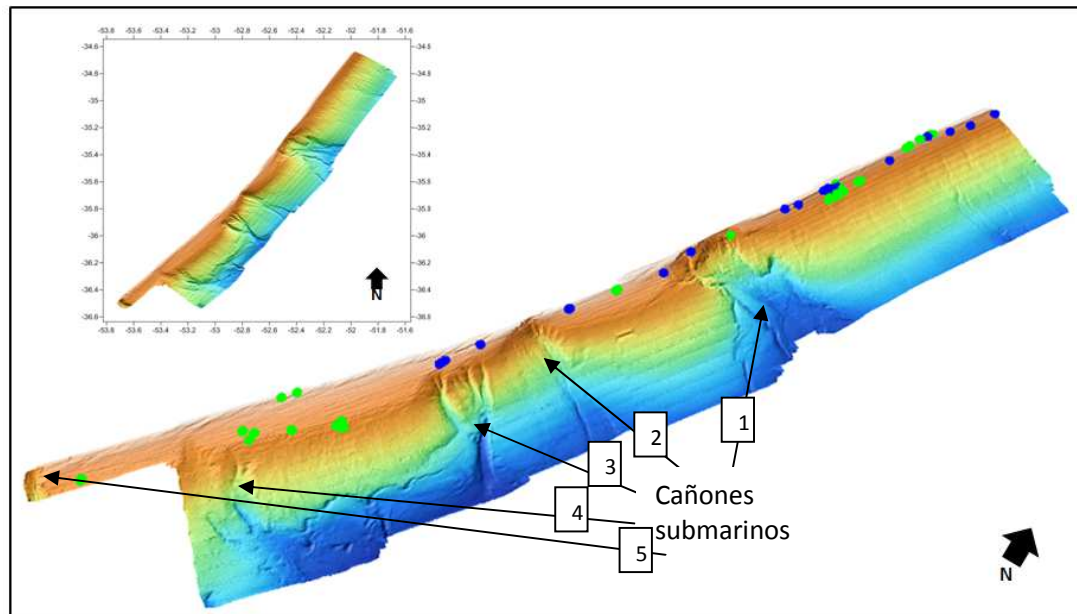


Figura 4- Topografía del área de estudio. Se observan los cañones (1, 2, 3, 4 y 5), la ubicación de los montes submarinos (círculos azules) y de las depresiones (círculos verdes).

3.3 Masas de agua e hidrodinámica

El área se encuentra superficialmente afectada por 2 corrientes que presentan masas de agua con características termohalinas contrastantes, la corriente de Brasil (CB) y la corriente de Malvinas (CM). La CB es la corriente de borde Oeste del giro subtropical del Atlántico Sur. Se origina al Sur de los 10° S de la bifurcación de la corriente Sur Ecuatorial y fluye a lo largo del margen continental de América del Sur hasta la región de convergencia subtropical ubicada entre los 33 y 38° S, donde se separa de la

plataforma formando un intenso frente con la CM (Piola & Gordon, 1989). El transporte de la CB aumenta desde su origen hasta la confluencia, han sido estimados distintos valores de transportes. En este sentido se ha estimado un transporte de 4 Sverdrup (Sv) en su origen ($1\text{Sv} = 10^6 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$), entre 17.5 y 38 Sv se han estimado para latitudes de 33° S y entre 38 y 68 Sv se han estimado para latitudes entre los 38 y 40° S (Gordon & Greencrow, 1986; Olson et al., 1988; Stramma, 1989; Stramma & Peterson, 1991; Peterson, 1992; Cirano et al., 2006). Por su parte, la CM es un meandro de la Corriente Circumpolar Antártica que fluye hacia el Norte y alcanza un transporte de 76 Sv en latitudes de 42° S (Peterson, 1992).

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 & 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). Esta definición se utiliza basada en el concepto teórico de que la CB como corriente de contorno Oeste, requiere un transporte de Sverdrup para completar el balance de masa generado por el viento en el giro subtropical (Cirano et al., 2006). 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 $\theta > 20^\circ \text{C}$ y $S > 36$ (Piola & 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 & 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 & Matano, 2001; Tomczak & 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 masa de 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 & Godfrey, 2003).

Los frentes generados por el encuentro de la CB y la CM determinan la existencia de gradientes horizontales pronunciados, tanto de temperatura como de salinidad. Además las zonas frontales están relacionadas con movimientos verticales del agua en el océano, facilitando que nutrientes presentes en profundidad alcancen la superficie (Froneman et al., 1997; Brandini et al., 2000; Olson, 2000; Conkright et al., 2002). Estos procesos sumados a la descarga continental de material orgánico y nutrientes producida por el Río de la Plata y a la existencia de resurgencias de quiebre de plataforma determinan 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).

4. METODOLOGÍA

Los datos sedimentológicos, geoquímicos, foraminiferológicos y oceanográficos utilizados en este trabajo, fueron obtenidos a partir del análisis de 11 estaciones sobre el área de estudio, muestreadas por medio de un *boxcorer* (50 x 50 x 50 cm³) durante la campaña UY-0110. Las muestras fueron obtenidas entre los 174 y 923 m de profundidad, entre las latitudes 36.35 y 34.87 °S y longitudes 53.56 y 52.14 °W (Figura 5 y Tabla 1). Dentro del área se definieron las estaciones ubicadas en las zonas Sur (al Sur del cañón 2), media (entre los cañones 1 y 2) y Norte (al Norte del cañón 1), para facilitar la presentación de resultados y discusión (Figuras 3, 4 y 5).

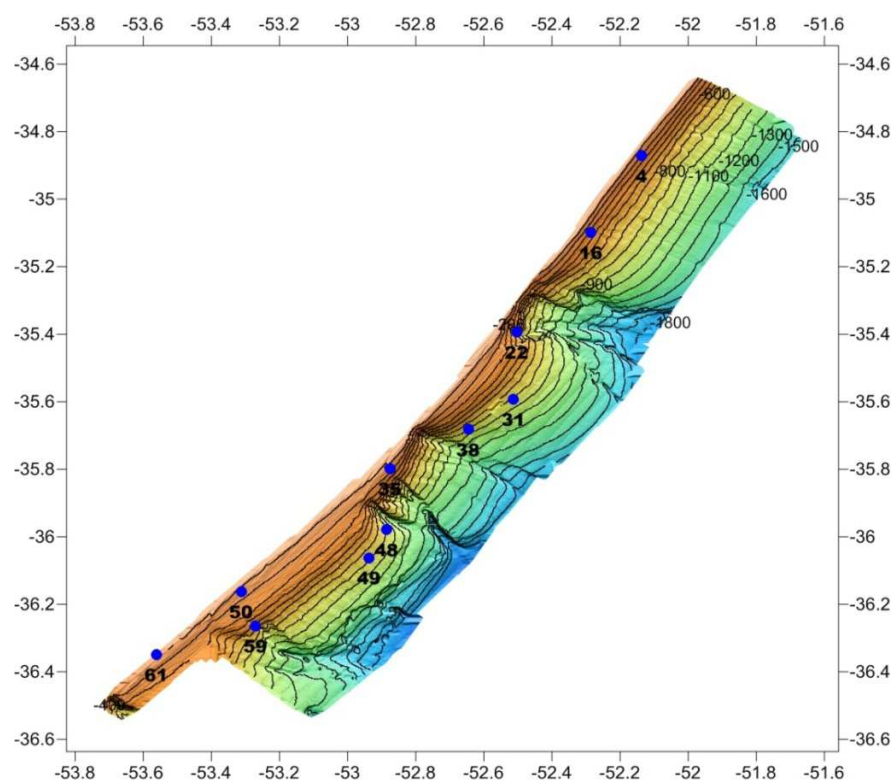


Figura 5- Topografía del área prospectada a bordo del B/O Miguel Oliver, se observan las isobatas separadas cada 100m y la posición de las estaciones analizadas así como su número correspondiente.

Tabla 1- Estaciones analizadas, posición y profundidad (Z) de las mismas.

NºBC	Latitud	Longitud	Z (m)
4	-34.87	-52.14	313
16	-35.10	-52.29	436
22	-35.39	-52.50	759
31	-35.59	-52.51	919
35	-35.80	-52.88	271
38	-35.68	-52.65	923
48	-35.98	-52.89	908
49	-36.06	-52.94	879
50	-36.16	-53.31	239
59	-36.26	-53.27	669
61	-36.35	-53.56	174

De modo tener representada la amplia heterogeneidad oceanográfica y topográfica, las estaciones fueron elegidas de manera de cubrir la mayor parte del área prospectada en la campaña UY-0110. Además, algunas de las estaciones analizadas se eligieron sobre las distintas formaciones topográficas. En este sentido, se consideró una estación ubicada dentro del cañón 1 (BC22), una estación ubicada en la meseta que une 2 canales que desembocan en el cañón 4 (BC59), una estación cercana a una agrupación de montes submarinos (donde además se corroboró la presencia de arrecifes coralinos, BC35) y finalmente una estación ubicada sobre una elevación menor (BC16), (Figura 6).

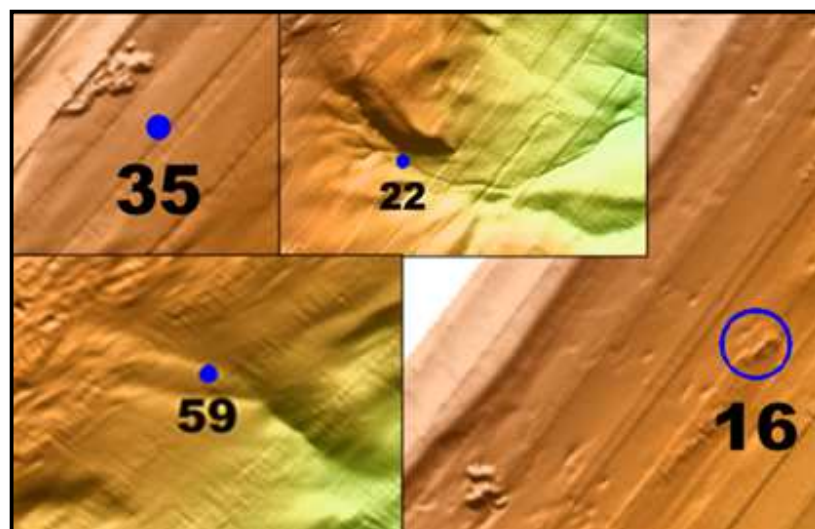


Figura 6- Detalle de la topografía del área cercana a las estaciones BC16, BC22, BC35 y BC59.

Para los análisis, solo se consideraron aquellas muestras donde la interfase agua-sedimento pudo ser claramente reconocida (Figura 7A). En cada estación a analizar se sub-muestreó el *boxcorer* sacando del mismo 2 testigos cortos (12 cm de altura x 10 cm de diámetro), uno destinado al análisis de la microfauna viva y el otro destinado a los análisis geoquímicos y sedimentológicos (Figura 7B). Cada testigo fue visualmente descrito y submuestreado en 10 estratos de 1 cm de altura comenzando en la superficie, totalizando 110 muestras.

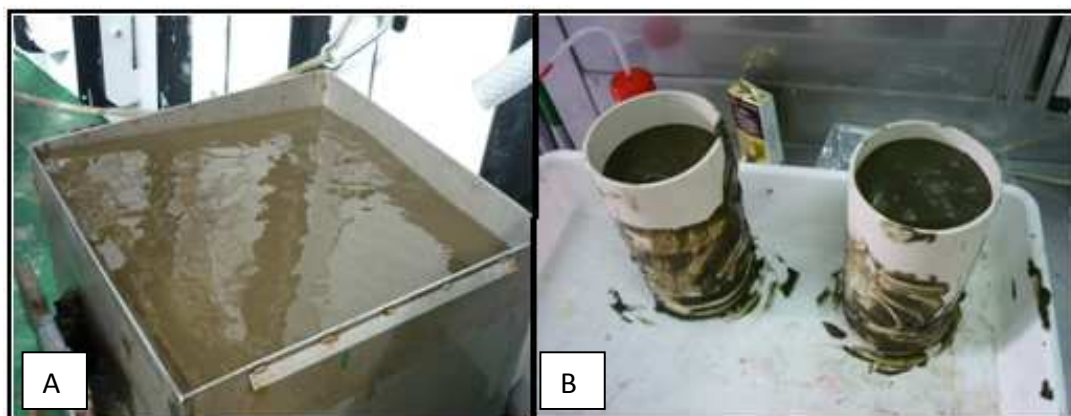


Figura 7- A. Detalle de una muestra obtenida mediante la draga boxcorer en la que se reconoce la interfase agua sedimento. B. Detalle de los dos testigos obtenidos en cada estación.

4.1 Obtención de datos hidrográficos

Durante la campaña UY -0110 fue realizado un levantamiento de datos hidrográficos de temperatura (T) y Salinidad (S) mediante un CTD modelo SBE 25 SEALOGGER. En este trabajo fueron analizadas las estaciones de CTD que se muestran en la figura 8,

para determinar la ubicación de las masas de agua sobre el área. Mediante el *software* Surfer 10, fueron obtenidos diagramas de la distribución en profundidad y en latitud de T y S. Para ello los valores de T y S medidos con el CTD fueron interpolados espacialmente mediante el método *Krigging*. De esta manera se distinguieron las masas de agua presentes en la columna de agua al momento del muestreo. También se obtuvieron los datos de T y S de superficie y fondo para cada una de las estaciones muestreadas con el *boxcorer*.

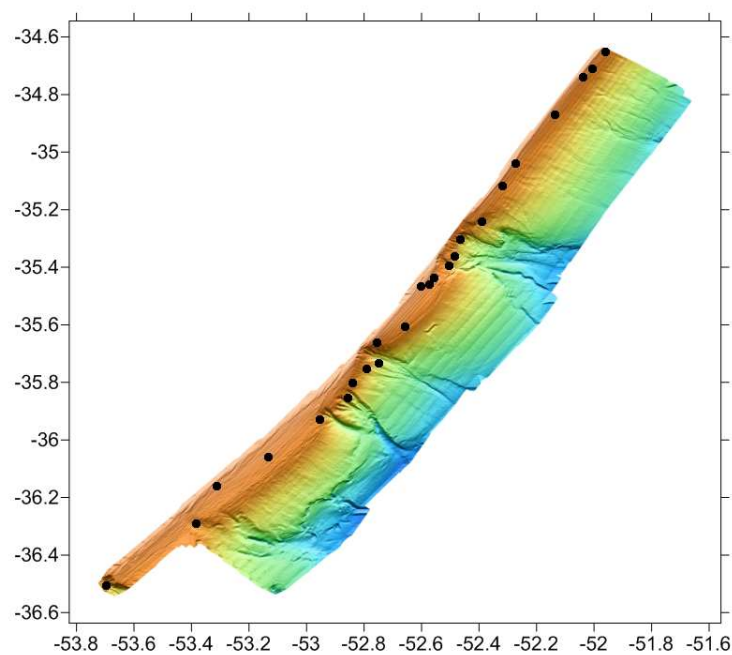


Figura 8- Ubicación de las estaciones de CTD analizadas en este trabajo.

4.2 Caudales del Río Uruguay y del Río Negro

De modo de evaluar relaciones potenciales entre una posible influencia de AC sobre el área de estudio con los caudales de agua dulce provenientes del Río de la Plata, fueron obtenidos los caudales mensuales promedio del Río Uruguay (cuyas aguas desembocan en el estuario del Río de la Plata) para el período Enero 2009 - Febrero 2010; así como los caudales mensuales promedio para el Río Negro (cuyas aguas desembocan en el Río Uruguay) para el período Enero - Diciembre 2009 (no hubo datos disponibles para Enero ni Febrero 2010). Los datos del Río Uruguay fueron proporcionados por la Dirección Nacional de Hidrografía (Ministerio de Transporte y Obras Públicas) y medidos en Salto Grande (31° S, 58° W). Por su parte, los datos correspondientes al Río Negro fueron proporcionados por UTE (Usinas y Transmisiones Eléctricas) y medidos en Palmar (33°05' S, 57°19' W).

4.3 Producción primaria y flujo de carbono

Fue estimada la producción primaria mensual ($\text{gCm}^{-2}\text{año}^{-1}$) sobre el área de estudio para los 12 meses previos al muestreo (Febrero 2009 - Enero 2010), utilizando la ecuación propuesta por Behrenfeld & Falkowski (1997):

$$\text{ppeu} = 0.66125 * \text{pbopt} * \left(\frac{\text{PAR}}{\text{PAR} + 4.1} \right) * \text{Euz} * \text{Clo} * \text{dl}$$

Siendo ppeu la PP integrada en profundidad de la zona eufótica.

donde :

$$\begin{aligned} \text{pbopt} = & -3.27 \times 10^{-8} * (\text{TSM}^7) + 3.4132 \times 10^{-6} * (\text{TSM}^6) - 1.348 \times 10^{-4} * (\text{TSM}^5) \\ & + 2.462 \times 10^{-3} * (\text{TSM}^4) - 2.05 \times 10^{-2} * (\text{TSM}^3) + 6.17 \times 10^{-2} * (\text{TSM}^2) \\ & + 0.2749 * \text{TSM} + 1.2956 \end{aligned}$$

p_{bopt} =máxima tasa fotosintética ($mgC/mgClo^{-1}h^{-1}$) dl =fotoperíodo, PAR =radiación fotosintéticamente activa ($Einstein/m^2$), Clo = Concentración de clorofila ($mgClo/m^3$), Euz =Profundidad de la zona eufótica (m) y TSM = temperatura superficial del mar.

Los datos de concentración de clorofila *a* (Clo), temperatura superficial del mar (TSM) y radiación fotosintéticamente activa (PAR) fueron obtenidos a partir del análisis de imágenes satelitales de $4 \times 4 \text{ km}^2$ de resolución espacial del satélite MODIS/Aqua disponibles en <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>. Por su parte, los datos del fotoperíodo se encuentran disponibles en <http://www.sohma.armada.mil.uy/almanaq.htm>. Finalmente, los datos de profundidad de la zona eufótica (Euz) fueron estimados utilizando las ecuaciones propuestas por Morel & Berton (1989) y Morel & Maritorena (2001), respectivamente:

$$C_{tot} = 40.6 * Clo^{0.459}$$

$$Euz = 10^{(2.1236 + (0.932468 * \log_{10}(C_{tot})) - 1.4264 * (\log_{10}(C_{tot}))^2 + 0.52776 * (\log_{10}(C_{tot}))^3 - 0.07617 * (\log_{10}(C_{tot}))^4)}$$

Este modelo, uno de los más ampliamente utilizados, presenta un error del 22 % cuando el parámetro P_{bopt} es conocido y del 42% cuando este parámetro es estimado (Behrenfeld & Falkowsky, 1997).

Como valor anual de la producción primaria se tomó para cada punto la mediana de los valores mensuales. Para el cálculo del flujo de carbono que llegó al fondo oceánico sobre cada estación, se utilizó la ecuación propuesta por Betzer et al. (1984):

$$J_z = \frac{aPP^q}{Z^m}$$

Donde J_z es el flujo de carbono orgánico que llega a una profundidad z (en metros). PP es la producción primaria en aguas superficiales (expresada en $\text{gCm}^{-2}\text{año}^{-1}$). Las constantes a , q y m fueron determinadas por Betzer et al. (1980), a partir de mediciones de PP y J_z en el Pacífico ecuatorial obtenidas por los autores, así como por el reanálisis de datos de regiones distantes de fuentes terrestres que pudieran aportar sedimentos. Las constantes son $a=0.4$ $q=1.4$ y $m=0.6$. De esta manera la ecuación fue utilizada como una primera aproximación a un valor de flujo de carbono para el área, sin tomar en cuenta los procesos de transporte lateral (Betzer et al., 1980).

Fue también estimada la producción primaria semanal para la zona eufótica durante el período 16 de octubre de 2009 - 02 de febrero de 2010, de manera de obtener una visión general de la productividad para el período durante el muestreo e inmediatamente anterior al mismo sobre toda el área prospectada en la campaña UY-0110. Fueron utilizadas las ecuaciones propuestas por Behrenfeld & Falkowski (1997), Morel & Berton (1989) y Morel & Maritorena (2001). Se tomó para cada punto la mediana de los valores semanales como valor de producción primaria representativo de los valores semanales.

Finalmente, de manera de evaluar la respuesta de los foraminíferos bentónicos vivos a las condiciones de productividad, para cada estación fueron estimadas las tasas de producción primaria semanales para la zona eufótica para los 3 meses previos al muestreo de cada estación, utilizando las ecuaciones propuestas por Behrenfeld & Falkowski (1997), Morel & Berton (1989) y Morel & Maritorena (2001). Se tomó para

cada estación la mediana de los valores semanales como valor de producción primaria representativo de los valores semanales. A partir de estos valores fue obtenido el flujo de carbono sobre cada estación utilizando la ecuación propuesta por Betzer et al. (1984).

Las imágenes satelitales en formato HDF (*Hierarchical Data Format*) fueron leídas utilizando el *software* SEADAS (*SeaWiFS Data Analysis System*; <http://seadas.gsfc.nasa.gov>) y exportados los valores de PAR, Clorofila *a* y TSM en formato ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*) para el área de estudio. Todos los análisis matemáticos implicados en los cálculos fueron realizados utilizando el *software* Matlab V7. Los valores medianos obtenidos para el periodo febrero 2009 - enero 2010 y para el periodo 16 de octubre de 2009 - 02 de febrero de 2010 de la PP calculada y de clorofila *a*, fueron exportados y se realizaron mapas de las distribuciones de clorofila *a* y PP mediante el *software* Surfer 10. Para ello fueron realizadas interpolaciones espaciales utilizando el método *Krigging*.

4.4 Análisis sedimentológicos y geoquímicos

Los análisis granulométricos fueron realizados con un sedimentómetro laser Malvern 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 fueron analizadas según la escala Wentworth (Wentworth, 1922 en Suguio, 2003). Dichos análisis fueron realizados en el Laboratorio de Sedimentología del Instituto Oceanográfico de la Universidad de Sao Paulo (IO-USP).

Los porcentajes de carbono orgánico (C_{org}) y nitrógeno (N_t) y los isótopos estables de la materia orgánica presentes en el sedimento ($\delta^{13}C$ y $\delta^{15}N$) fueron analizados utilizando un Finnigan Delta V Plus acoplado con un Costech Elemental Analyser. Específicamente para la lectura del $\delta^{13}C$ y del porcentaje de C_{org} , fue previamente extraído el $CaCO_3$ presente en la muestra y calculado su porcentaje a partir de la diferencia de masa pre y post ataque del material con una solución de HCl 10 %. Posteriormente fue calculada la razón C/N. Finalmente, el porcentaje de carbonato de calcio ($CaCO_3$) de cada muestra se obtuvo a partir del ataque de la muestra con HCl 1 M y del pesado de la muestra (2 g) antes y después del ataque.

Finalmente, fueron analizados los elementos menores Al, Ti y las razones Ba/Al y Ba/Ti, solamente para la fracción superficial de cada testigo, excepto para las estaciones BC48 y BC49 (que fueron perdidas en el laboratorio del IO-USP, donde se llevó a cabo el análisis). Se utilizó para ello la técnica de fluorescencia por rayos X, a partir de polvo prensado en pastillas y discos de vidrio fundido. Se siguió la metodología de Mori et al. (1999), utilizándose un espectrofotómetro de dispersión de longitud de onda, modelo Philips PW2400 XRF, perteneciente al Departamento de Mineralogía y Geotectónica, IGc-USP. La pérdida por ignición se determinó por diferencia de peso, lo que permitió el cálculo de los totales y consecuentemente el control de calidad de los datos. A partir de la matriz recibida fueron calculadas por estequiometría las concentraciones de los elementos menores.

4.5 Análisis de la microfauna viva

En este trabajo fueron analizados los foraminíferos bentónicos vivos. De modo de separar la microfauna viva de la muerta, el material destinado al análisis de foraminíferos bentónicos fue teñido al momento de la colecta con Rosa de Bengala, 1 g de Rosa de Bengala en 1L de alcohol, ver Walton (1952). Para estudiar la microfauna viva se tomó un volumen aproximado de 50 cm³ de sedimento de cada estrato. Las muestras fueron tamizadas a húmedo utilizando dos tamices de 125 y 63 µm, respectivamente y luego secadas en estufa a 40 °C. Una vez secas aquellas muestras que lo precisaron fueron sometidas a flotación mediante soluciones de alta densidad de modo de concentrar la microfauna (ioduro de potasio $\rho=1.6 \text{ gcm}^{-3}$) transferidas a papel de filtro y secadas al aire libre. Los residuos también fueron examinados de modo de asegurar la colecta de aquellos especímenes más densos que la solución de ioduro de potasio. Todos los especímenes vivos (> 63 µm) fueron observados bajo estereomicroscopio e identificados al menor nivel taxonómico posible. Fueron utilizados para la identificación los atlas Loeblich & Tappan (1988), Wynn & Brady (1994), Boltovskoy et al. (1980) así como la colección científica de foraminíferos presente en el Museo Argentino de Historia Natural Bernardino Rivadavia.

Para diferenciar entre foraminíferos muertos de vivos se siguió el procedimiento utilizado por Enge et al. (2012). Se consideraron vivos a aquellos individuos que presentaron teñidas las primeras cámaras y al menos la mitad del caparazón se encontró con citoplasma teñido sin ningún corte, aquellos individuos dudosos fueron comparados con los perfectamente teñidos pertenecientes a la misma especie.

Fueron calculados los parámetros biológicos de las asociaciones de foraminíferos riqueza (R), densidad individuos para cada estrato (número de foraminíferos en 50

cm³), densidad total de individuos para las fracciones de tamaño 125 y 63 µm (suma del número de foraminíferos de la fracción 63 µm (D_{63}) y de la fracción 125 µm (D_{125}) de los 10 estratos para cada estación, densidad en 500 cm³), densidad total para cada estación (D_t , como la suma de D_{63} y D_{125} en cada estación, densidad en 500 cm³). También fueron calculados los parámetros Equidad de Pielou (J' ; Pielou, 1975) para cada estación y el índice de Diversidad de Shannon ponderado ($\overline{H}$) para cada estación. El estimador $\overline{H}$ fue calculado de acuerdo a Burone & Pires-Vanin (2006) como:

$$\overline{H} = \sum_{k=1}^X \frac{H_k R_k}{n}$$

Donde H_k es el índice de diversidad de Shannon del estrato k , R_k es la riqueza del estrato k y n el número total de especies de la estación.

Fue calculada la profundidad media a la que se encontraron los individuos en cada estación (ALD_x , *Average Living Depth*), de acuerdo a Jorissen et al. (1995) como:

$$ALD_x = \sum_{k=1}^X \frac{Z_k D_k}{N}$$

Donde X es el límite inferior de la muestra más profunda incluida en el cálculo (en este trabajo $X=10$), D_k es el número de individuos en el intervalo k , Z_k la profundidad media del intervalo de muestreo y N el número total de individuos en todos los niveles. Para todas las estaciones se calculó el ALD_{10} para el total de la fauna así como para algunos taxa individuales.

Las especies tubulares *Rhabdamina abyssorum* y *Saccorhiza ramosa* no fueron incluidas en los análisis cuantitativos debido a que siempre fueron registrados fragmentos y no individuos enteros.

Fue calculado el índice de productividad de foraminíferos bentónicos (BFHP, *Benthic Foraminifera High Productivity*) de acuerdo a la metodología modificada de Martins et al. (2007) para identificar zonas de elevada disponibilidad de material orgánico lábil. Se utilizó el porcentaje de las especies calcáreas indicadoras de elevada productividad (alto flujo de material orgánico metabolizable), considerando como 100 % a la densidad total de foraminíferos calcáreos en cada estación (de manera de no tomar en cuenta a los foraminíferos aglutinantes). Se utilizó el porcentaje en cada testigo en lugar de en 10 cc como Martins et al. (2005). Los taxa considerados como indicadores de elevada productividad fueron Bolivínidos, Bulimínidos, *Stainforthia complanata*, *Uvigerina* spp. y *Nonionella* spp. (Martins et al., 2007), *Epistominella exigua* y *Alabaminella weddellensis* (Sun et al., 2005).

Los individuos fueron separados en 4 *microhábitat* dentro de la columna sedimentaria de acuerdo a Corliss (1991). Aquellos organismos encontrados solamente en el primer centímetro se consideraron epifaunales, hasta los 2 centímetros infaunales someros, entre los 2 y 4 cm infaunales intermedios y a partir de los 4 cm infaunales profundos.

Para inferir la cantidad y calidad de materia orgánica (lábil o refractaria) presente en el ambiente fueron realizados perfiles de distribución vertical de la fauna de foraminíferos (a partir de los datos de densidad de individuos para cada estrato) y clasificados en tipos A, B, C o D de acuerdo a la bibliografía (Jorissen, 1999).

Fueron utilizadas funciones matemáticas para describir las distribuciones verticales de la densidad de foraminíferos en el sedimento. Se utilizaron dos funciones, una función puramente exponencial y una función de Boltzmann. Acompañando estos decaimientos en algunos perfiles, también fueron ajustadas funciones gaussianas y alométricas. En estas ecuaciones z representa la profundidad en el sedimento y todas las constantes se determinaron ajustando la función a los datos. Los ajustes fueron realizados utilizando el software ORIGIN PRO 8.

Las ecuaciones utilizadas para describir la distribución vertical de los foraminíferos en el sedimento fueron:

$$\text{Función de Boltzmann: } y = \frac{A1-A2}{1+e^{-(z-z0)/dz}} + A2$$

$$\text{Función Exponencial: } y = A1e^{-z/t1} + y0$$

$$\text{Función Gaussiana: } y = y0 + Ae^{-0.5(z-z0)/w^2}$$

$$\text{Función Alométrica: } y = az^b$$

En estas funciones y representa la densidad de individuos a una profundidad z . En la función de Boltzmann, las constantes $A1$ y $A2$ representan las densidades en el nivel superior y el más profundo, dz es la velocidad de decaimiento de la densidad y $z0$ la profundidad en que se da el quiebre de densidad. Por su parte, en la función exponencial la constante $A1$ sumada a la constante $y0$ en representan la densidad en $z=0$ y $t1$ es la constante de decaimiento.

4.6 Tratamiento estadístico de datos

De modo de ordenar la ubicación de las muestras en función de los parámetros ambientales se realizó un análisis de componentes principales (ACP). Para ello se construyó una matriz normalizada y centrada utilizando los datos obtenidos de los parámetros ambientales producción primaria (PP) y flujo de carbono (Jz) para los 3 meses previos al muestreo sobre cada estación y los datos superficiales de porcentajes de C_{org} , N_t , $CaCO_3$ y arena, razón C/N, $\delta^{13}C$, y $\delta^{15}N$). Previo al análisis se corroboró la normalidad de los datos.

Un segundo ACP fue realizado excluyendo del análisis los datos $\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$ y porcentajes de arena, de manera de ordenar las estaciones exclusivamente tomando en cuenta los indicadores tróficos del ambiente. Para la realización de ambos ACP se utilizó el Software MVSP.

Se realizó un análisis de cluster para determinar las asociaciones de foraminíferos (Modo R) y agrupar las estaciones (Modo Q) de acuerdo a la matriz biológica. Para ello fue utilizada para cada estación la abundancia relativa de las especies que en total presentaron una abundancia mayor al 1 %. Se utilizó distancias euclidiana como coeficiente de asociación y el método de unión de Ward. Para dicho análisis se utilizó el Software Statistica® Versión 7.

Los parámetros biológicos de la microfauna D, ALD_{10} , $\overline{H}$, BFHP y densidad de las especies dominantes (*Bulimina* spp., *Reophax* spp., *E. exigua*, y *Rhumlerella sepetibaensis*) fueron correlacionados (correlación de Spearman) con los datos de producción primaria y flujo de carbono (estimados para los 3 meses previos al muestreo) y con los datos superficiales de porcentajes de C_{org} , $\delta^{13}C$ y relaciones C/N,

utilizando el software Matlab® Versión 7. También fueron correlacionados entre sí (Spearman) los parámetros abióticos porcentaje de arena, de C_{org} y de $CaCO_3$ de todos los estratos de todas las estaciones. Para evaluar la significancia de las correlaciones fueron realizados test t .

Finalmente, fue realizado un análisis no paramétrico de Escalonamiento Multidimensional (*non metric Multidimensional Scaling*, nMDS) de acuerdo con la similaridad de los parámetros bióticos y abióticos entre las estaciones. El nMDS fue calculado a partir de la matriz de correlación de Spearman de datos microfaunísticos (D_t , $\overline{H}$, BFHP, R, densidad de las especies dominantes *Bulimina* spp., *Epistominella exigua*, *Rhumblarella sepetibaensis*, *Reophax* spp. y porcentajes de epifauna, infauna somera, infauna intermedia e infauna profunda) y abióticos (porcentajes de arena y C_{org} , razón C/N, PP y Jz). De esta manera fueron utilizadas 17 variables y 11 estaciones. La matriz de correlación de Spearman y el nMDS fueron realizados utilizando el software Statistica® Versión 7.

5. RESULTADOS

5.1 Columna de agua

5.1.1 Condiciones oceanográficas

Durante el muestreo, en superficie, las zonas Sur y media del área se vieron afectadas por aguas costeras (AC) en los primeros 15 m de la columna. Fueron observados frentes termohalinos los primeros 500 m de la columna de agua. En sub-superficie los frentes se encontraron hacia la zona Sur. En profundidad, dentro de los cañones se observó la presencia del Agua Antártica Intermedia (AAI), (Figura 9). Sobre el fondo la estación BC4 fue la única afectada por ACAS, mientras que el resto de las estaciones sobre el fondo se encontraron afectadas por ASA y AAI, de acuerdo a sus características termohalinas (Tabla 2).

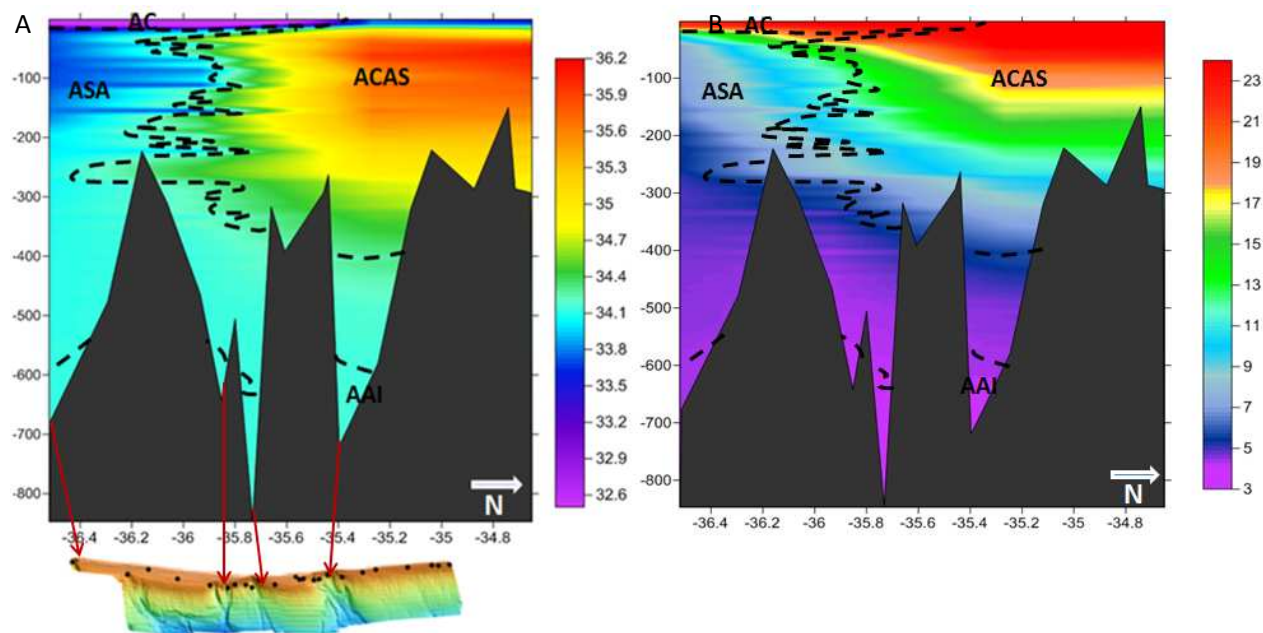


Figura 9 -Distribución de salinidad (A) y temperatura (B) según la latitud sobre el área de estudio. Se distinguen las masas de agua AC (Aguas costeras), ACAS (Agua Central del Atlántico Sur), ASA (Agua Subantártica) y AAI (Agua Antártica Intermedia) dentro de los cañones.

Tabla 2- Temperatura y Salinidad de superficie y fondo sobre las estaciones. T sup= Temperatura de superficie, T fondo= Temperatura de fondo, S sup= Salinidad de superficie, S fondo= Salinidad de fondo.

NºBC	T sup (°C)	S sup	T fondo (°C)	S fondo
4	23,0	29,2	10,1	34,9
16	23,6	30,7	4,9	34,2
22	23,6	29,8	3,9	34,1
31	24,5	29,7	3,8	34,1
35	24,7	30,0	5,0	34,2
38	25,2	29,6	3,6	34,2
48	25,0	29,6	3,6	34,2
49	25,3	30,6	3,6	34,2
50	25,1	28,7	6,7	33,8
59	24,7	28,1	4,1	34,1
61	23,4	26,9	6,7	33,8

Los caudales (m^3s^{-1}) del Río Uruguay mostraron un aumento a partir de Julio de 2009, manteniéndose elevados durante todo el muestreo, mientras que los del Río Negro mostraron un aumento a partir de Octubre de 2009 (Figura 10).

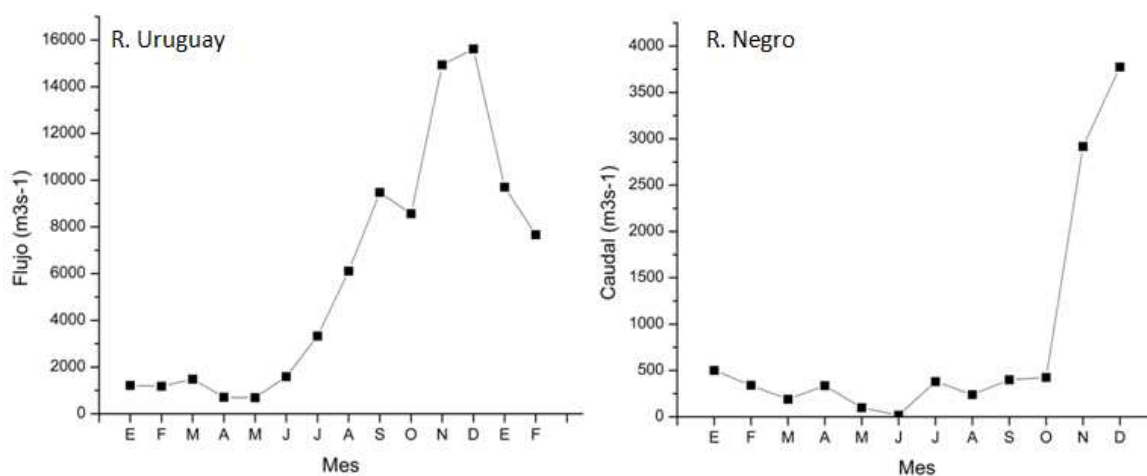


Figura 10- Caudales medios mensuales (m^3s^{-1}) del Río Uruguay durante el período Enero 2009 Febrero 2010 y del Río Negro durante el período enero - diciembre 2009.

5.1.2 Producción primaria y flujo de carbono (PP y Jz)

Según las estimaciones realizadas de la producción primaria superficial mensual para el período Febrero 2009 - Enero 2010 se observó una variabilidad durante el año (principalmente al Sur) con los menores valores encontrados en febrero de 2009 (entre 200 y 400 $\text{gCm}^{-2}\text{año}^{-1}$) y un aumento a partir de setiembre del 2009 (Figura 11). Los mayores valores estimados de producción superficial coincidieron temporalmente con

los máximos registrados en los caudales de los Ríos Uruguay y Negro durante el período analizado (Figura 10).

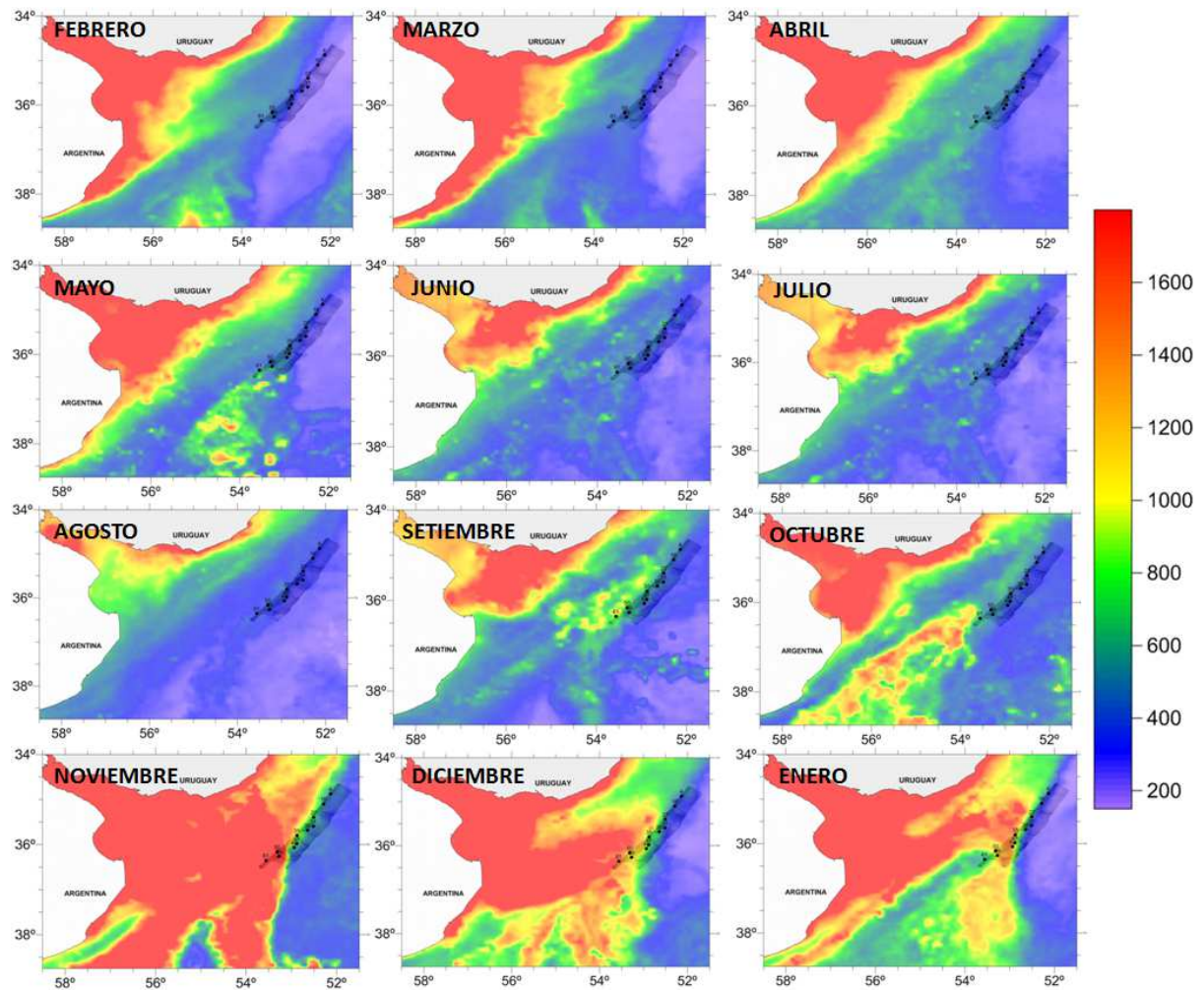


Figura 11- Distribución de la producción primaria superficial mensual estimada ($\text{gCm}^{-2}\text{año}^{-1}$) para el período febrero 2009 - enero 2010.

La distribución de los valores medianos anuales de la concentración de clorofila *a* y de la PP sobre el área de estudio para el período enero 2009 - febrero 2010 se muestran

en las figuras 12 y 13. Para este período sobre las estaciones, los mayores valores fueron obtenidos al Sur del área y cercanos a la plataforma, encontrándose entre $246 \text{ gCm}^{-2}\text{año}^{-1}$ (sobre la estación BC31) y $542 \text{ gCm}^{-2}\text{año}^{-1}$ (sobre la estación BC61) (Tabla 3).

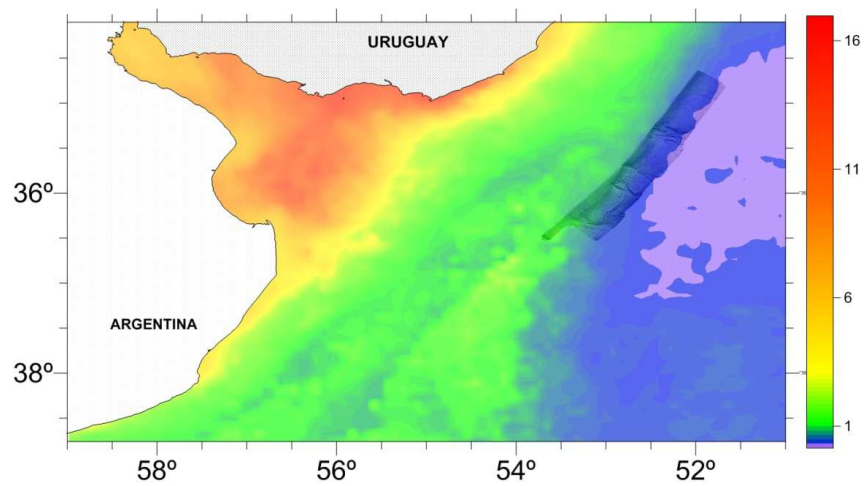


Figura 12- Concentración de clorofila observada (mgClom^{-3}) durante el período febrero 2009 - enero 2010.

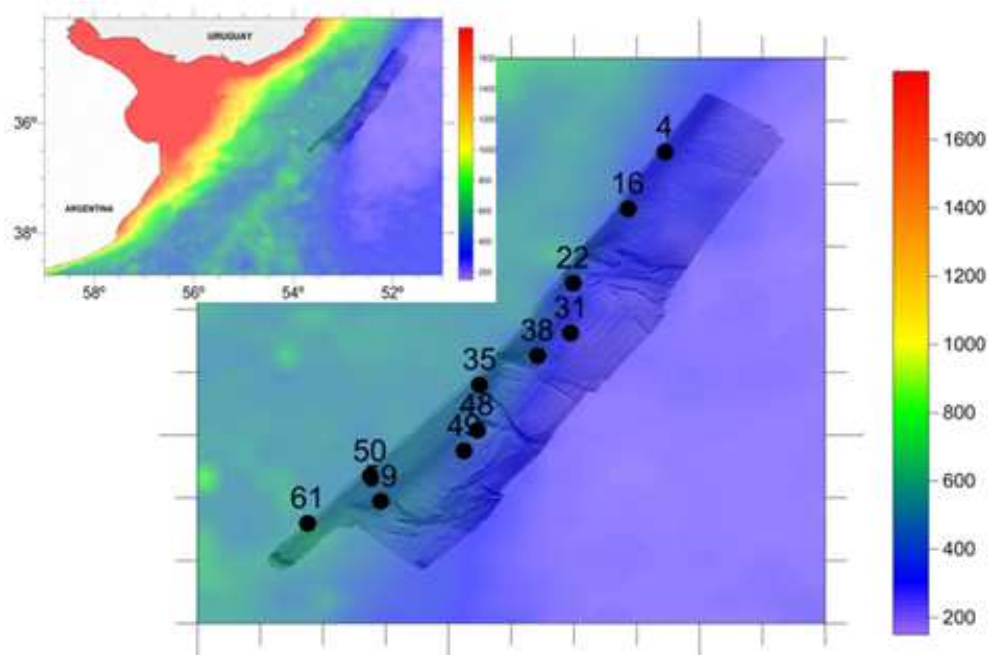


Figura 13- Producción primaria estimada ($\text{gCm}^{-2}\text{año}^{-1}$) para el período febrero 2009 - enero 2010.

Tabla 3- Producción primaria (PP) y flujos de carbono (Jz) en $\text{gCm}^{-2}\text{año}^{-1}$ estimados para el período febrero 2009 - enero 2010 sobre las estaciones analizadas.

NºBC	PP ($\text{gCm}^{-2}\text{año}^{-1}$)	Jz ($\text{gCm}^{-2}\text{año}^{-1}$)
4	324.00	41.64
16	369.33	41.00
22	376.97	30.25
31	276.13	17.44
35	490.77	81.19
38	373.85	26.59
48	435.69	33.27
49	423.46	32.60
50	488.27	86.92
59	503.13	48.88
61	542.75	121.95

Según las estimaciones realizadas a partir de los datos semanales para el periodo 16 de octubre de 2009 - 02 de febrero de 2010, elevados niveles de clorofila *a*, PP y Jz se encontraron afectando toda el área de estudio. Los valores de PP y clorofila *a* fueron mayores en las zonas más someras y al Sur del área (Figuras 14 y 15). El período 16 - 24 de octubre de 2009 presentó una distribución de la clorofila *a* siguiendo la topografía, mostrando las mayores concentraciones distribuidas sobre los cañones (Figura 16).

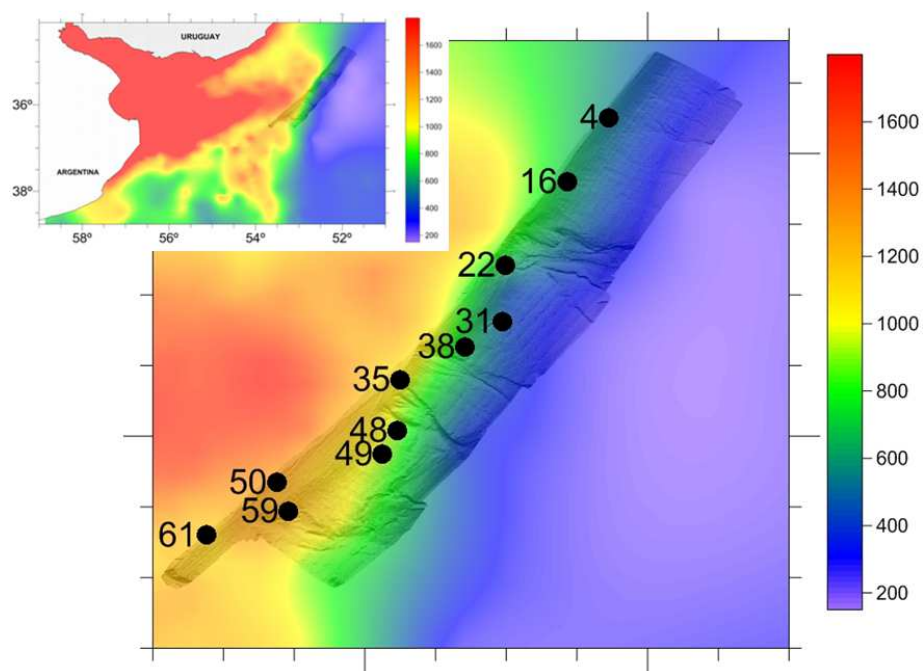


Figura 14- Producción primaria ($\text{gCm}^{-2}\text{año}^{-1}$) estimada sobre el área de estudio para el período comprendido entre el 16 octubre 2009 y 02 febrero 2010.

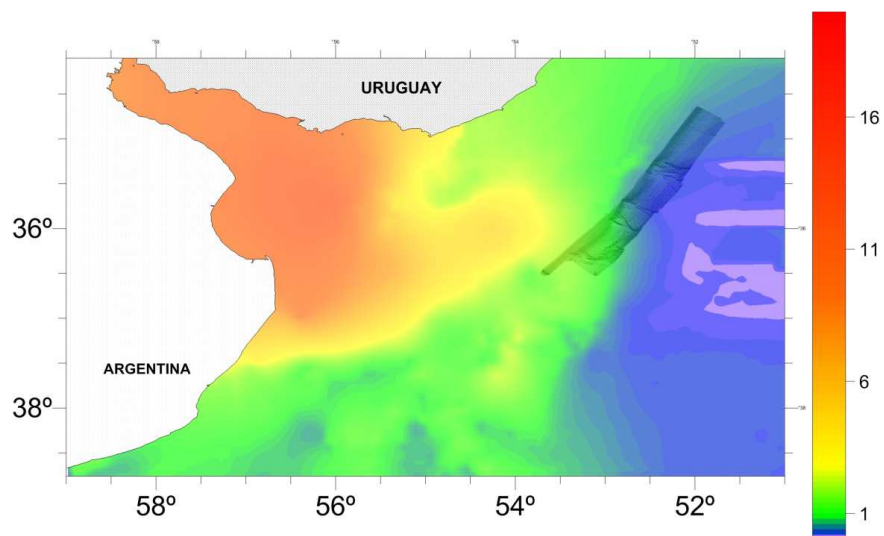


Figura 15- Concentración de Clorofila (mgClom⁻³) observada en el área de estudio para el período comprendido entre 16 de octubre de 2009 y 02 de febrero de 2010.

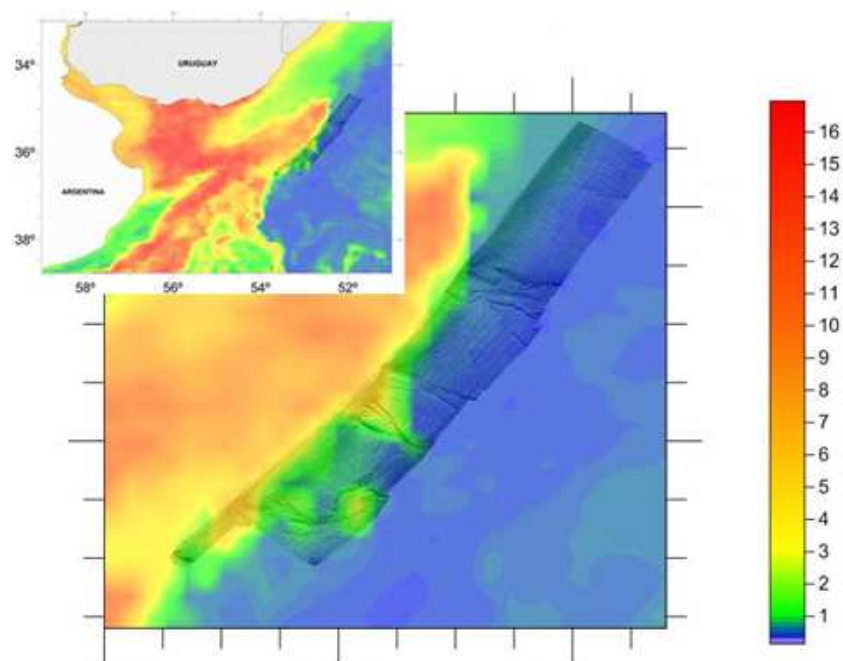


Figura 16- Concentración de clorofila (mgClom⁻³) sobre el área estudiada durante el período 16 - 24 de octubre de 2009.

Sobre las estaciones, los valores de PP obtenidos a partir de los datos semanales de los 3 meses anteriores al muestreo de cada estación, se ubicaron entre $365 \text{ gCm}^{-2}\text{año}^{-1}$ en la estación BC31 y $1362 \text{ gCm}^{-2}\text{año}^{-1}$ en BC61 y se correspondieron con las mayores estimaciones de clorofila a. El mismo comportamiento se observó en el flujo orgánico estimado, con el menor valor ($26 \text{ gCm}^{-2}\text{año}^{-1}$) obtenido para la estación BC31 y el mayor valor ($331 \text{ gCm}^{-2}\text{año}^{-1}$) obtenido en la estación BC61 (Tabla 4), además se observó en la distribución de Jz una relación inversa con la profundidad a la que se ubicó cada estación.

Tabla 4- Producción primaria PP ($\text{gCm}^{-2}\text{año}^{-1}$) y flujo de carbono Jz ($\text{gCm}^{-2}\text{año}^{-1}$) estimados sobre las estaciones analizadas a partir de los datos semanales de los 3 meses anteriores al muestreo de cada estación.

NºBC	PP ($\text{gCm}^{-2}\text{año}^{-1}$)	Jz ($\text{gCm}^{-2}\text{año}^{-1}$)
4	447	65
16	431	51
22	573	54
31	365	26
35	906	192
38	629	55
48	826	81
49	979	105
50	1072	261
59	1053	137
61	1362	442

5.2 Sedimento

5.2.1 Granulometría

Las estaciones más someras registraron elevado contenido de arena, indicando mayor energía afectando la zona. En todos los estratos de las estaciones BC4, BC16, BC35, BC49, BC50 y BC61 se registraron altos porcentajes de arena ($> 54\%$), encontrándose las mayores proporciones (entre 91 y 100 %) en la estación BC61 (estación ubicada a menor profundidad). Se encontró una distribución homogénea (en el entorno del 50 % de arena y 50 % limo con una baja proporción de arcilla) en las estaciones BC22 y BC31. Por su parte en la estación BC48 se encontró una dominancia de limo ($> 60\%$) y elevados porcentajes de arcilla en todos los estratos. En BC38 dominó la arena en los primeros estratos, para pasar a ser una de las estaciones con mayores porcentajes de sedimentos finos a partir del tercer centímetro. Finalmente, en la estación BC59 la distribución de los sedimentos fue variable a lo largo de todo el testigo, dominando los sedimentos finos en el primer, segundo, quinto y décimo centímetro, en los restantes estratos dominó la arena (Figura 17).

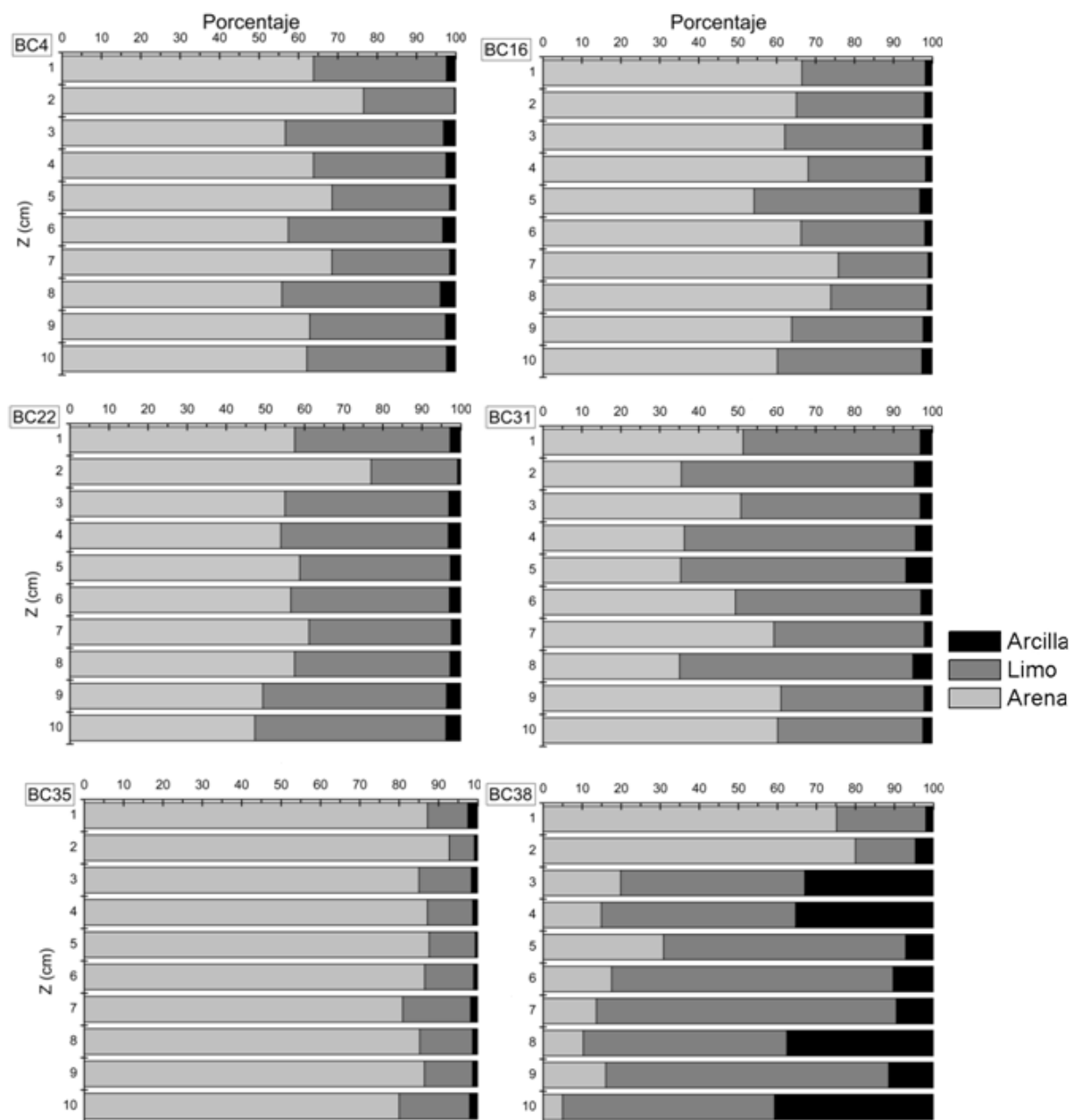


Figura 17- Perfiles de distribución vertical de los porcentajes de sedimento en las estaciones analizadas.

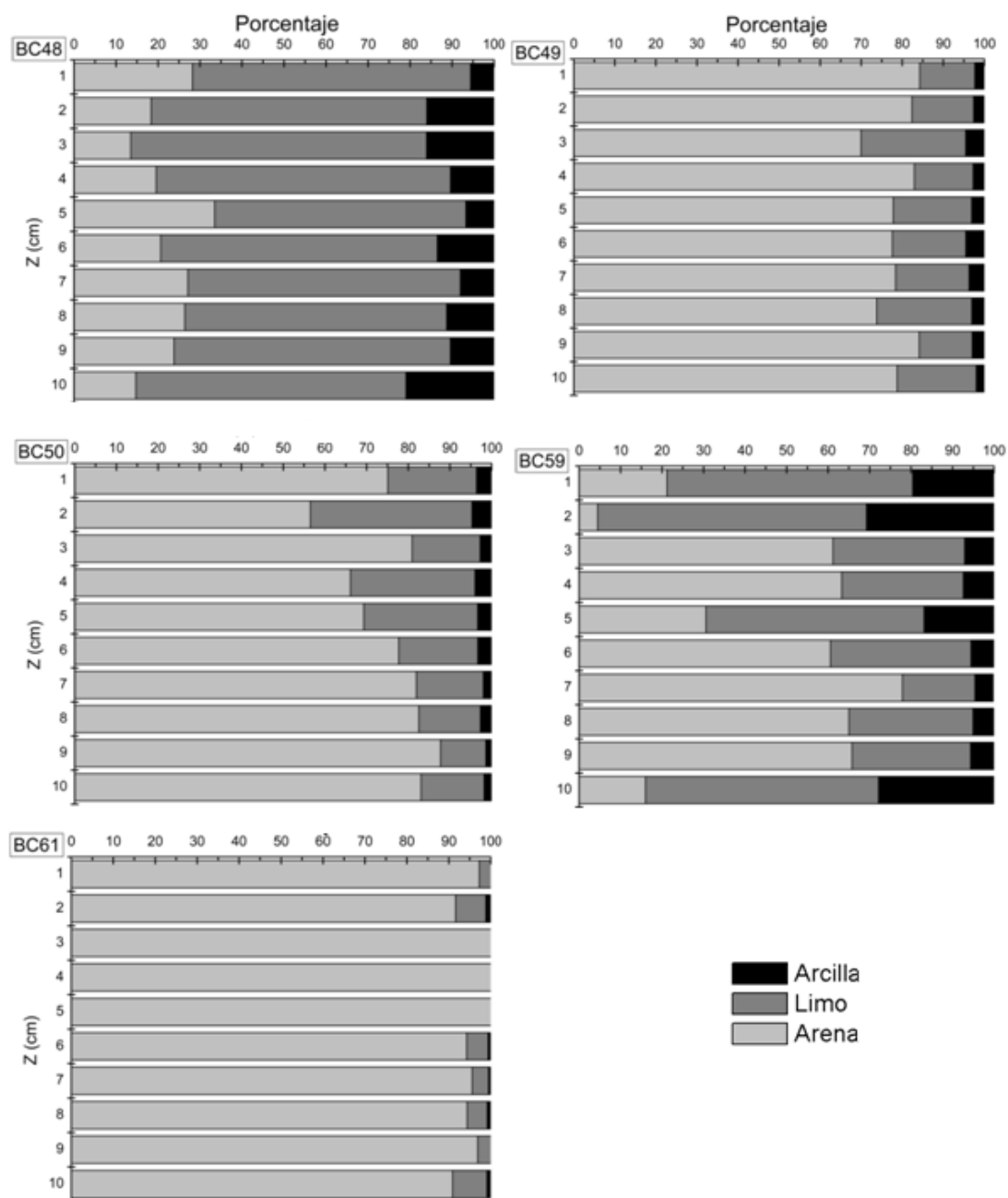


Figura 17- Continuación. Perfiles de distribución vertical de los porcentajes de sedimento en las estaciones analizadas.

5.2.2 Geoquímica: Indicadores de productividad marina

Entre los estimadores geoquímicos de productividad analizados, los porcentajes de carbono orgánico (C_{org}) encontrados se ubicaron entre 0.32 y 5.59 %. Las estaciones BC22, BC31, BC38 y BC50 presentaron elevados valores de C_{org} a lo largo de todo el testigo (> 1.24 %), destacándose BC22 y BC38 por ser las que presentaron los mayores valores ($> 2.39\%$). Por su parte, todas las estaciones fueron pobres en carbonato de calcio ($CaCO_3$) presentando valores entre 3.18 y 24.76 %. Finalmente, los porcentajes de nitrógeno (N_t) se encontraron entre 0.06 y 0.61 %. Al igual que para el C_{org} , tanto para $CaCO_3$ como para N_t los menores valores fueron registrados en la estación BC61 y los mayores en las estaciones BC22 y BC38 (Figura 18).

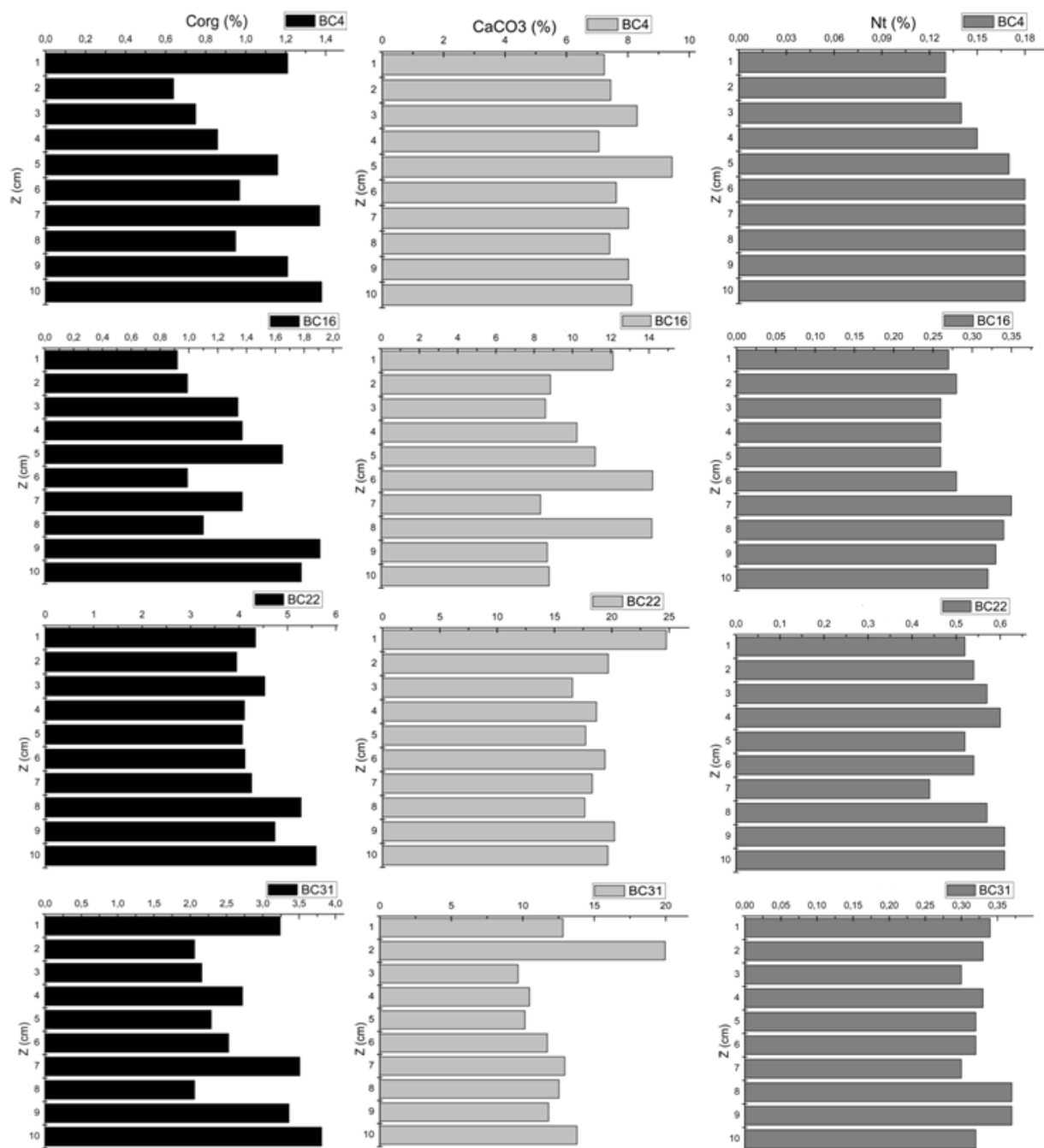


Figura 18- Perfiles de distribución vertical de los porcentajes de carbono orgánico (C_{org}), de Carbonato de calcio (CaCO₃) y de Nitrógeno (N_t) en las estaciones analizadas.

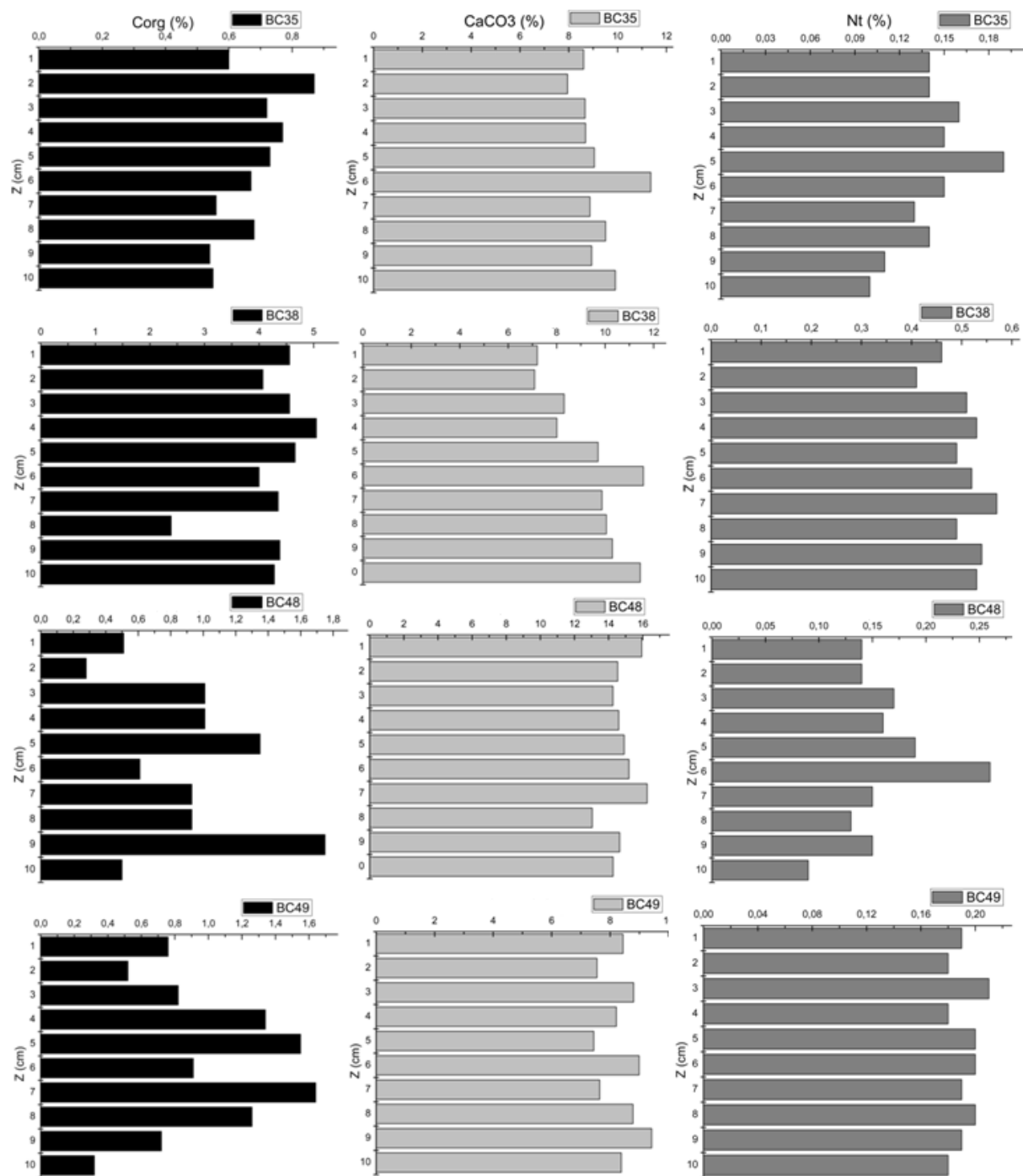


Figura 18-Continuación. Perfiles de distribución vertical de los porcentajes de carbono orgánico (C_{org}), carbonato de calcio ($CaCO_3$) y nitrógeno (N_t) en las estaciones analizadas.

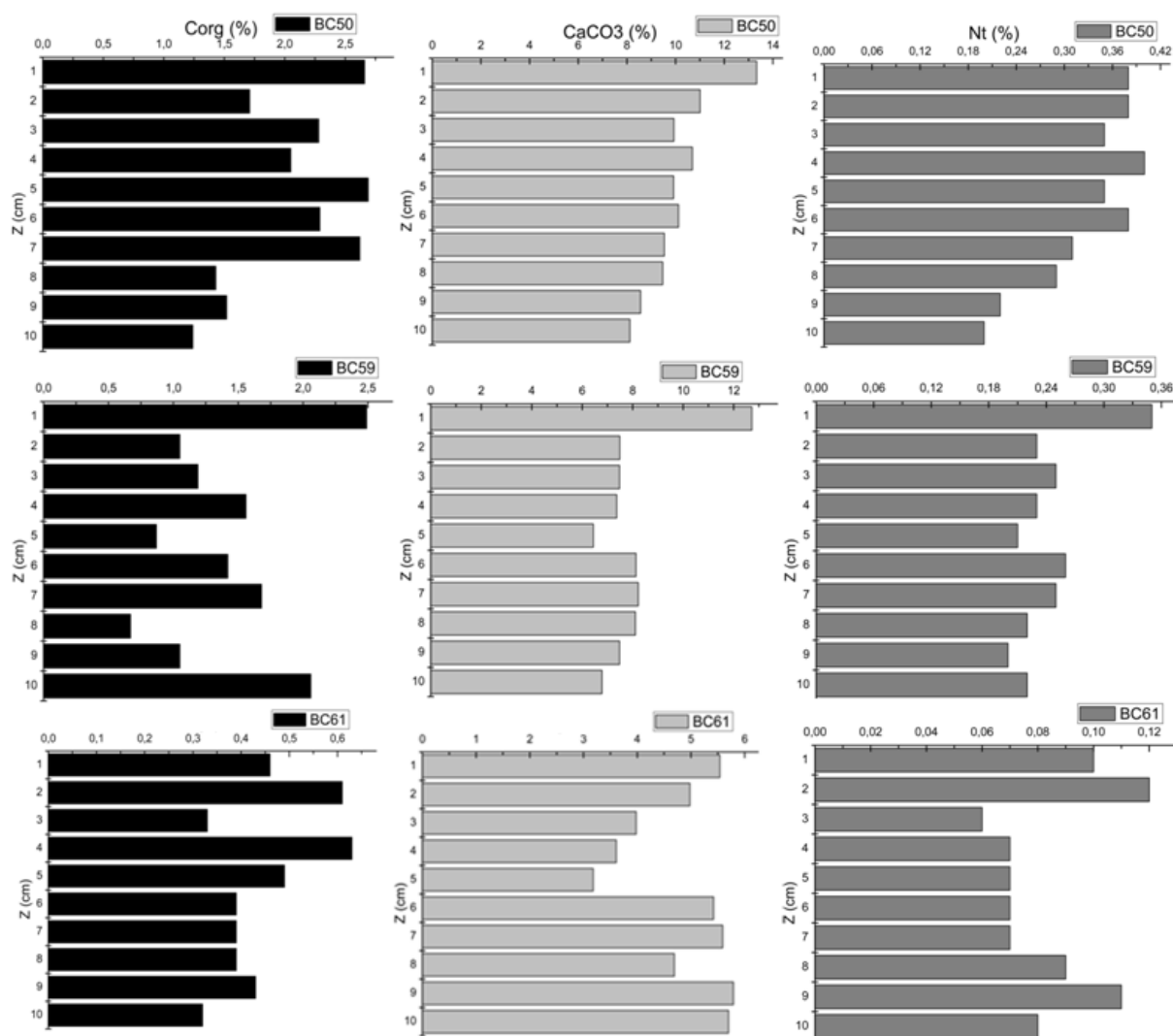


Figura 18-Continuación. Perfiles de distribución vertical de los porcentajes de carbono orgánico (C_{org}), carbonato de calcio (CaCO₃) y nitrógeno (N_t) en las estaciones analizadas.

5.2.3 Indicadores del origen de la materia orgánica

En cuanto a los estimadores del origen del material orgánico, las razones C/N se ubicaron entre 1.79 y 11.79. Por su parte, los valores de $\delta^{13}\text{C}$ se ubicaron entre -22.67 y -18.65 ‰, mientras que los valores de $\delta^{15}\text{N}$ estuvieron entre 5.00 y 7.37 ‰ (Tabla 5).

Tabla 5- Variables abióticas indicadoras del origen del material orgánico medidas en el sedimento de las 11 estaciones analizadas.

BC4 Z (cm)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	C/N	BC35 Z (cm)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	C/N	BC50 Z (cm)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	C/N
1	5.43	-20.29	9.61	1	6.28	-21.18	4.31	1	6.53	-21.39	7.00
2	5.00	-18.65	4.92	2	7.37	-21.48	6.09	2	6.61	-21.38	4.55
3	5.93	-19.83	5.38	3	6.64	-20.91	4.38	3	6.69	-21.51	6.60
4	6.34	-19.00	5.54	4	6.77	-22.36	5.05	4	6.59	-21.43	5.07
5	6.57	-18.72	6.62	5	7.15	-21.20	3.89	5	6.59	-21.44	7.63
6	5.96	-19.54	5.30	6	7.02	-20.71	4.52	6	6.32	-21.40	6.06
7	7.16	-19.51	7.43	7	6.38	-19.41	4.40	7	6.52	-21.24	8.47
8	6.63	-19.89	5.28	8	6.79	-22.30	5.00	8	6.46	-21.11	4.87
9	6.73	-20.12	6.80	9	6.52	-22.31	4.69	9	6.35	-21.19	6.85
10	6.60	-19.11	7.47	10	6.53	-22.49	5.69	10	6.48	-21.23	6.06
BC16	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}$	C/N	BC38	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}$	C/N	BC59	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}$	C/N
1	6.36	-22.04	3.46	1	6.15	-21.02	9.88	1	6.54	-21.72	7.11
2	6.58	-22.09	3.59	2	6.50	-21.01	10.03	2	6.33	-20.91	4.60
3	6.75	-21.78	5.26	3	6.46	-21.02	8.91	3	6.22	-21.73	4.85
4	6.01	-21.63	5.28	4	6.64	-20.86	9.49	4	6.39	-21.75	6.65
5	5.60	-21.25	6.42	5	6.71	-21.00	9.48	5	6.53	-21.17	4.04
6	6.60	-21.72	3.56	6	5.60	-20.87	7.75	6	6.43	-20.98	5.46
7	6.91	-20.06	3.90	7	5.75	-20.68	7.69	7	6.41	-21.41	6.73
8	6.84	-20.18	3.26	8	5.43	-21.12	4.85	8	6.49	-20.88	3.10
9	6.81	-20.38	5.84	9	6.14	-21.06	8.12	9	6.56	-20.27	5.28
10	6.69	-20.21	5.54	10	5.99	-20.97	8.10	10	6.32	-21.14	9.57
BC22	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}$	C/N	BC48	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}$	C/N	BC61	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}$	C/N
1	6.67	-21.19	8.31	1	5.90	-21.53	3.60	1	6.54	-21.51	4.76
2	6.58	-21.32	7.25	2	6.40	-22.30	1.99	2	6.81	-21.68	5.31
3	6.68	-21.13	7.92	3	6.01	-21.58	6.04	3	6.64	-19.58	5.03
4	6.58	-21.29	6.87	4	6.02	-21.36	6.37	4	6.56	-21.80	9.42
5	6.60	-21.32	7.79	5	6.13	-21.11	7.18	5	5.90	-22.67	7.30
6	6.69	-21.32	7.58	6	6.10	-21.73	2.40	6	5.76	-21.44	5.88
7	6.45	-21.26	9.68	7	6.02	-21.24	6.41	7	6.37	-22.15	5.40
8	6.09	-20.81	9.20	8	6.58	-21.42	7.29	8	5.52	-20.78	4.39
9	6.62	-21.85	7.77	9	6.00	-21.25	11.79	9	6.11	-21.54	3.82
10	6.55	-20.77	9.22	10	7.16	-21.94	5.32	10	6.16	-20.96	3.84
BC31	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}$	C/N	BC49	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}$	C/N				
1	6.87	-21.19	9.65	1	6.47	-20.98	3.98				
2	6.49	-21.11	6.33	2	5.98	-21.53	2.90				
3	6.47	-21.13	7.17	3	6.45	-21.56	3.96				
4	6.42	-21.09	8.27	4	6.42	-21.37	7.51				
5	6.46	-21.00	7.13	5	6.48	-21.27	7.60				
6	6.70	-21.19	7.85	6	6.40	-21.26	4.43				
7	6.95	-21.05	11.61	7	6.27	-21.36	8.48				
8	6.50	-21.27	5.53	8	6.56	-21.31	6.44				
9	6.64	-20.99	9.14	9	6.09	-21.53	3.80				
10	6.49	-20.92	11.99	10	6.26	-21.56	1.79				

5.2.3 Elementos traza

Las mayores concentraciones de los elementos Al y Ti se encontraron en las estaciones, ubicadas al Norte del área BC4 y BC16. Por su parte, los mayores valores de la razones Ba/Al y Ba/Ti fueron obtenidos en las estaciones sometidas a los mayores niveles de PP y Jz, ubicadas al Sur del área (BC35, BC50, BC59 y BC61), (Tabla 6).

Tabla 6- Concentraciones de los elementos Al y Ti (mgkg^{-1}), y valores de las razones Ba/Al y Ba/Ti en las estaciones analizadas.

N°BC	Al (mgKg^{-1})	Ti (mgKg^{-1})	Ba/Al	Ba/Ti
4	7.48	0.38	50.55	1005.59
16	7.49	0.41	50.07	921.38
22	6.03	0.33	48.42	882.18
31	6.93	0.36	52.96	1019.44
35	6.93	0.32	55.41	1211.36
38	6.51	0.36	55.3	1014.08
50	6.83	0.34	57.69	1169.14
59	6.67	0.3	54.57	1209.3
61	7.45	0.34	58.79	1288.24

5.3 Análisis de componentes principales (ACP)

A partir del ACP realizado con todas las variables abióticas se agruparon las estaciones en función de los parámetros ambientales, se obtuvo que el primer y segundo componente juntos explicaron el 65.39 % de la varianza de los datos. El eje 1 se

correlacionó positivamente con los porcentajes de C_{org} , N_t , $CaCO_3$, $\delta^{13}C$ y razón C/N, y negativamente con PP, Jz y porcentaje de arena. El eje 2 por su parte, se correlacionó positivamente con $\delta^{13}C$, razón C/N y porcentaje de arena. Este eje se encontró negativamente correlacionado al $\delta^{15}N$, PP, Jz y porcentajes de N_t y $CaCO_3$ (Figura 19).

El análisis permitió diferenciar 3 grupos de estaciones. El primer grupo (G1) estuvo formado por las estaciones localizadas en la zona central del área BC22, BC31 y BC38 (ubicadas sobre el talud medio entre los cañones 1 y 2) y positivamente correlacionado al eje 1. Este grupo se vio definido por presentar los mayores porcentajes de C_{org} , $CaCO_3$, N_t , y razón C/N. El segundo grupo (G2) estuvo formado por las estaciones BC16, BC35, BC48, BC49, BC50, BC59 y BC61 (ubicadas en plataforma, talud superior y medio) y se encontró definido por elevadas concentraciones de PP y Jz. Dentro de este grupo se distinguieron las estaciones BC35, BC49 y BC61 por presentar los mayores porcentajes de arena, además BC61 se caracterizó por presentar los mayores valores de PP y Jz. Por su parte, la estación BC59 perteneciente a este grupo, también presentó elevados PP pero mayores porcentajes de sedimentos finos y C_{org} . Finalmente la estación BC4 quedó aislada (formando G3) y se encontró positivamente correlacionada al eje 2 debido a sus elevados valores de $\delta^{13}C$ (Figura 19).

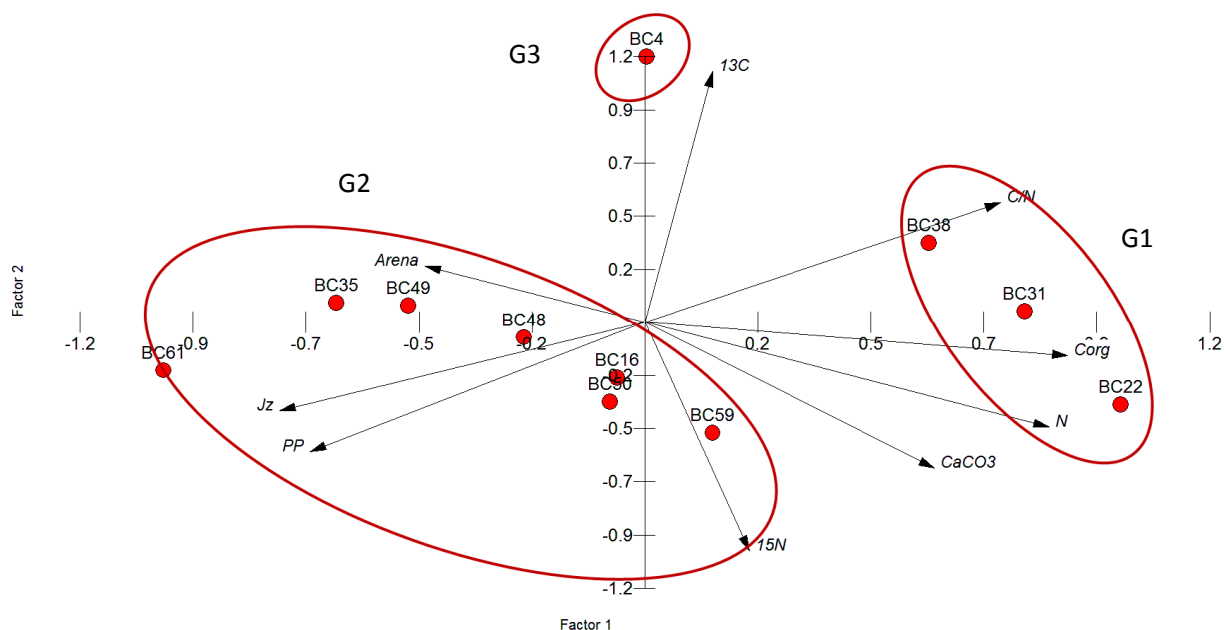


Figura 19- Análisis de componentes principales. Se muestra la importancia relativa de cada variable abiótica explicada por los 2 primeros componentes (factores) junto con el diagrama de ordenamiento de las estaciones. C_{org} = porcentaje de carbono orgánico, $\delta^{13}\text{C}$ =proporción isotópica del carbono 13, $\delta^{15}\text{N}$ =proporción isotópica del nitrógeno 15, PP=Producción primaria, Jz=Flujo de carbono, CaCO_3 = porcentaje de carbonato de calcio, N=porcentaje de nitrógeno.

Al realizar el ACP tomando en cuenta los estimadores del estado trófico y razón C/N, se obtuvo que las primeras dos componentes explicaron el 79.1 % de la varianza de los datos. El eje 1 correlacionó positivamente con los porcentajes de C_{org} , N_t , CaCO_3 y razón C/N, y negativamente con PP y Jz. El eje 2 por su parte, estuvo positivamente relacionado a todas las variables (Figura 20).

Se identificaron los mismos 3 grupos de estaciones, con la diferencia que la estación BC16 pasó a formar parte de G3, quedando así G3 conformado por las estaciones ubicadas al Norte del área. Este grupo estuvo negativamente correlacionado al eje 2 y

presentó los menores niveles de todos los estimadores. El grupo G1 se encontró positivamente correlacionado al eje 1 y se vio definido por los porcentajes de C_{org} , $CaCO_3$, N_t y razones C/N. Finalmente G2 quedó formado por las estaciones ubicadas al Sur del área y se vio definido por elevados concentraciones de PP y Jz. Dentro de este grupo se diferenciaron 2 subgrupos (S1 y S2), S1 estuvo formado por BC48, BC49, BC35 y BC61 y se caracterizó por presentar bajos niveles de C_{org} , mientras que S2, formado por BC50 y BC59 presentó mayores niveles de C_{org} (Figura 20).

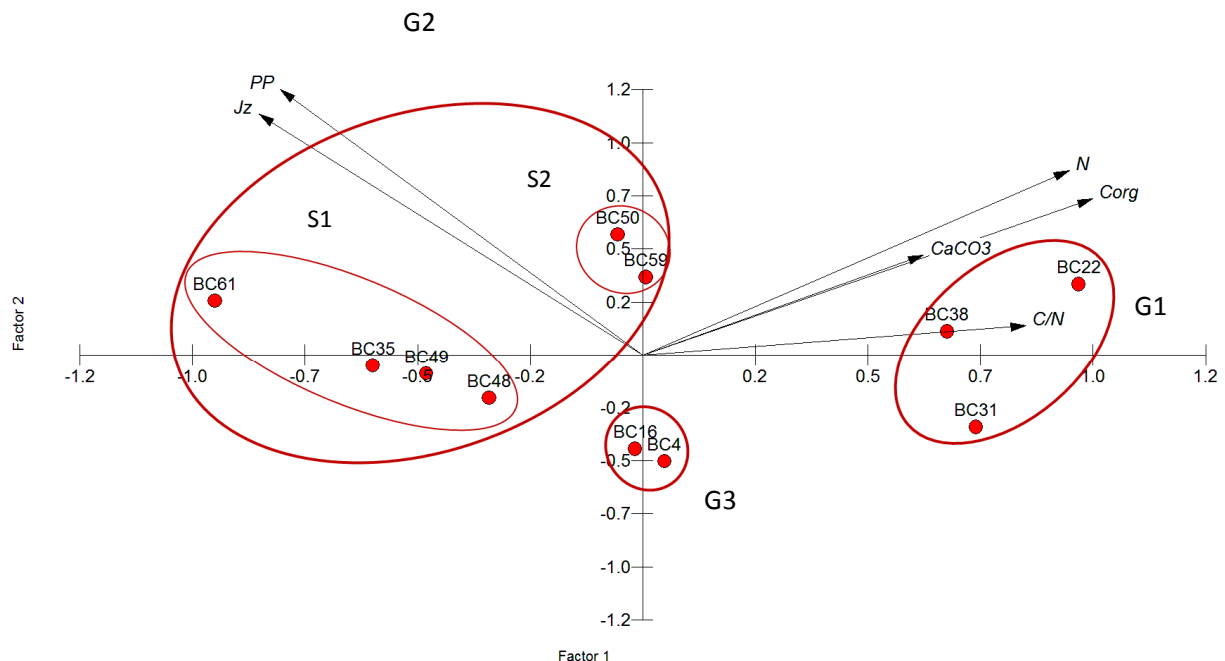


Figura 20- Análisis de componentes principales realizado a partir de variables abióticas indicadoras del estado trófico. Se muestra la importancia relativa de cada variable abiótica explicada por los 2 primeros componentes (factores) junto con el diagrama de ordenamiento de las estaciones. Corg=Carbono orgánico, PP=Producción primaria, Jz=Flujo de carbono, $CaCO_3$ = carbonato de calcio y C/N= relación Corg N. G1= Primer grupo y G2= Segundo grupo. S1= Subgrupo 1 y S2= Subgrupo 2.

5.4 Resultados biológicos

5.4.1 Especies encontradas

Se registró un total de 79 especies pertenecientes a los tres subórdenes de foraminíferos bentónicos existentes, Rotaliida (teca calcárea hialina, 46 especies), Milioliida (teca calcárea porcelanosa, 4 especies) y Textulariida (teca aglutinante, 29 especies). Las estaciones ubicadas al Sur del área y cercanas a la plataforma presentaron elevadas densidades de foraminíferos calcáreos, mientras que las estaciones en las zonas centro y Norte presentaron mayores densidades de aglutinantes. Los porcentajes y densidad de foraminíferos aglutinantes y calcáreos en cada estación se muestran en la figura 21.

La especie de mayor distribución espacial fue la aglutinante *Rhumblarella sepetibaensis*, presente en todas las estaciones excepto en la estación BC61, esta especie fue además quien presentó la mayor densidad total de individuos distribuidos en el área (4370 individuos en total en los 11 testigos analizados) y se encontró dominando en las estaciones BC16, BC22 y BC49 (donde alcanzó más del 50% de los individuos). Segunda en densidad y distribución espacial se ubicó la especie calcárea *Epistominella exigua*, encontrada con elevadas densidades en las 6 estaciones ubicadas más al Sur y alcanzando una densidad total de 4270 individuos (en total en las 6 estaciones encontradas). Ésta fue una de las especies dominantes en las estaciones BC35, BC49, BC50 y BC61. También fueron encontradas elevadas densidades de individuos pertenecientes al género calcáreo *Bulimina* (*B. marginata*, *B. subulata* y *B. pupoides*, con una densidad total de 4109 individuos sumando la

densidad encontrada en cada estación) y al género aglutinante *Reophax* (principalmente *R. fusiformis* y algunos *R. scorpius*, con un total de 1234 individuos). Representantes del género *Bulimina* fueron encontrados en todas las estaciones. Tanto *Bulimina* spp. como *Reophax* spp. se encontraron como dominantes en las estaciones BC35 y BC61 ubicadas en la zona Sur más cercanas a la plataforma (Figuras 22 y 23). Las especies encontradas en cada estación, las referencias taxonómicas y micrografías electrónicas se muestran en los Anexos I II y III, respectivamente.

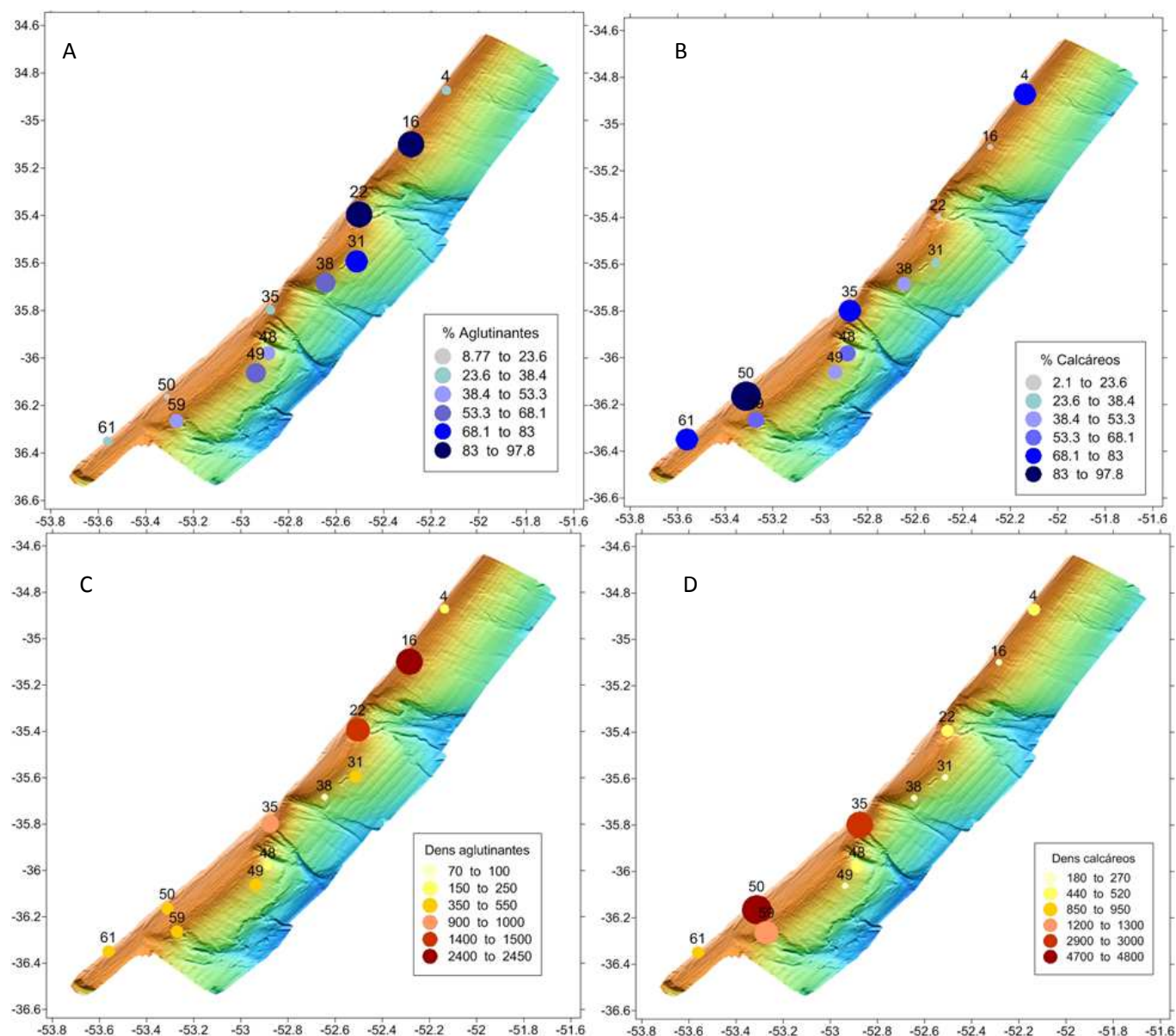


Figura 21- Porcentaje y densidad de foraminíferos aglutinantes (A y C) calcáreos (D y E) encontrados en las estaciones analizadas (densidad en 500cm^{-3}).

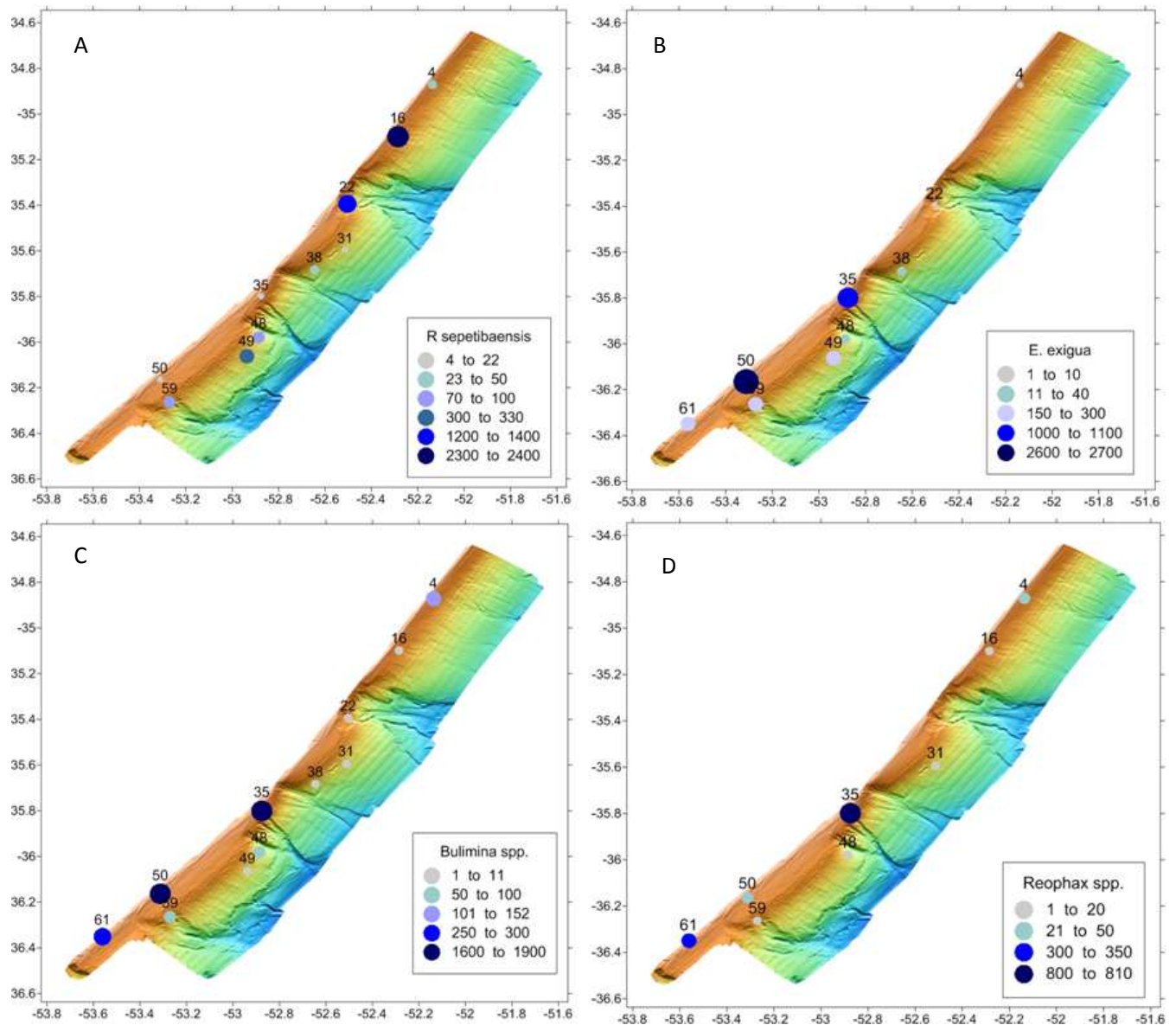


Figura 22- Distribución espacial de la densidad de los taxa más abundantes. A- *Rhumblerella sepetibaensis*, B- *Epistominella exigua*, C- *Bulimina* spp. y D- *Reophax* spp. (Densidades en 500 cm⁻³)

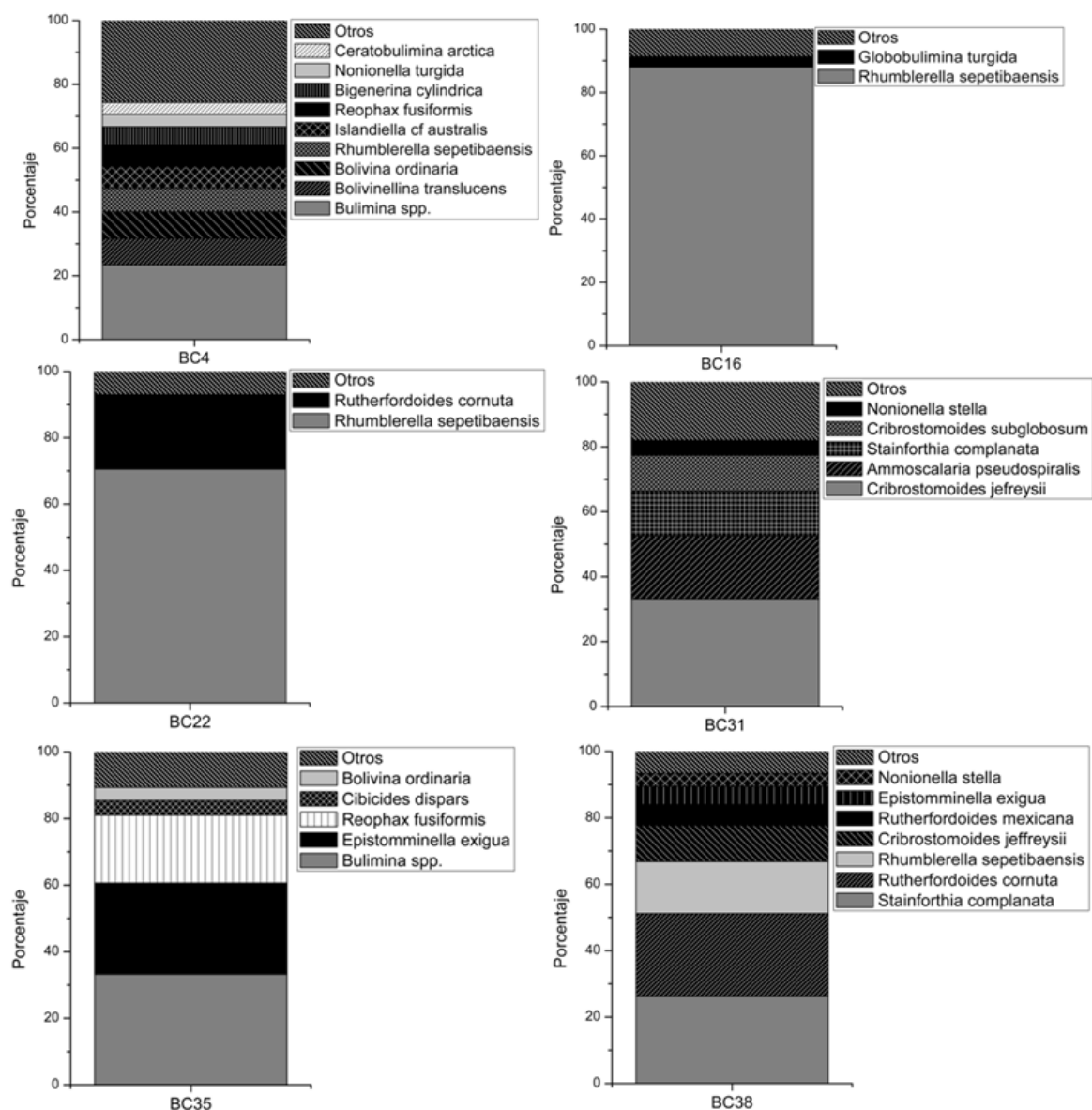


Figura 23- Porcentaje de individuos de cada especie (con una densidad > 3 %) encontradas en cada estación.

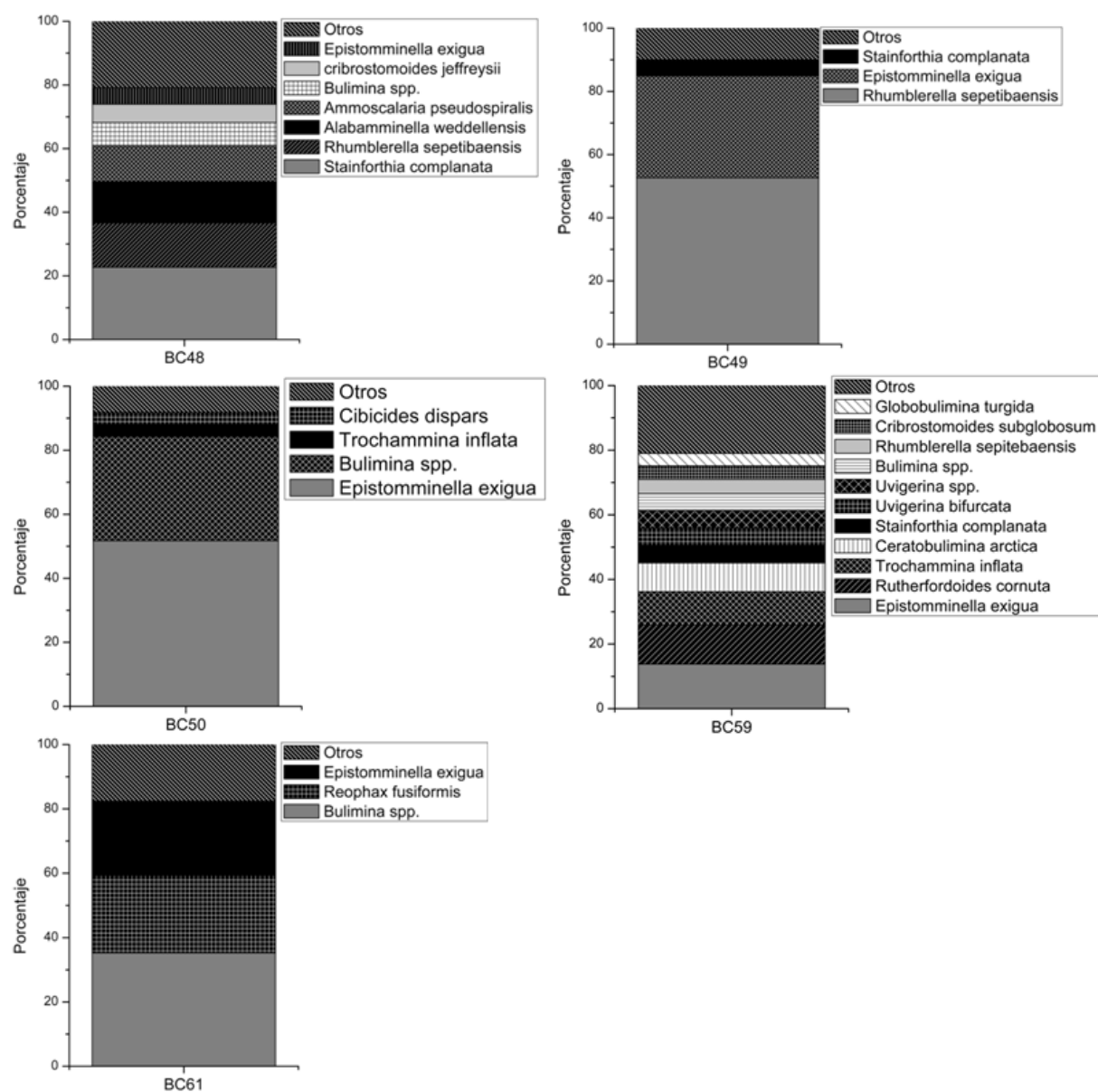


Figura 23- Continuación. Porcentaje de individuos de cada especie (con una densidad > 3 %) encontradas en cada estación.

5.4.2 Estimadores ecológicos

La densidad total de foraminíferos (D_t) y densidades de cada fracción de tamaño (D_{125} y D_{63}), riqueza específica total (R), equidad (J'), diversidad media ponderada ($\overline{H}$) y los estimadores ALD_{10} y BFHP para cada estación se muestran en la Tabla 7. Excepto en la estación BC31, en las demás estaciones se encontró mayor densidad de individuos en la fracción 63 μm . La mayor D_t fue registrada en la estación BC50 (5182 individuos), mientras que la menor en la estación BC38 (257 individuos), observándose una tendencia de la densidad a disminuir con la profundidad de la estación. Por su parte, la mayor R se encontró en la estación BC4 (39 especies) y la menor en la estación BC22 (14 especies). Los valores de $\overline{H}$ se encontraron entre 1.56 (estación BC16) y 12.70 (estación BC35). En cuanto a los valores de ALD_{10} , excepto en BC16 y BC59 fueron mayores a 2 cm en todas las estaciones. Finalmente, los valores de BFHP fueron variables, encontrándose entre 8.19 (estación BC22) y 93.83 (estación BC50).

Tabla 7- Parámetros poblacionales de foraminíferos. D_t =densidad total de la estación, D_{125} =densidad de foraminíferos en la fracción 125 μm , D_{63} =densidad de foraminíferos en la fracción 63 μm , R =riqueza total, J' = Equidad de Pielou, $\overline{H}$ =Diversidad de Shannon media ponderada, ALD_{10} =profundidad media a la que se encontraron los foraminíferos, BFHP= Porcentaje de especies calcáreas indicadoras de productividad.

NºBC	D_t	D_{125}	D_{63}	R	J'	$\overline{H}$	ALD_{10}	BFHP
4	646	198	448	39	0.79	9.81	2.01	76.10
16	2676	1624	1052	30	0.28	1.56	1.2	47.65
22	1963	867	1096	14	0.49	2.66	3.71	8.19
31	637	370	267	26	0.65	9.85	2.89	29.41
35	4528	1774	2754	35	0.61	12.7	3.23	88.52
38	257	106	151	15	0.74	6.09	2.29	19.12
48	714	208	506	32	0.76	9.32	1.87	51.03
49	652	140	512	17	0.51	5.1	2.38	80.75
50	5182	1102	4080	31	0.49	8.23	4.23	93.83
59	1802	454	1348	36	0.82	9.5	1.18	46.55
61	1285	330	955	21	0.69	10.57	2.84	91.88

5.4.3 Análisis de Cluster

El modo Q del análisis de cluster (Figura 24) permitió diferenciar tres grupos de estaciones basados en la matriz biológica (GI, GII y GIII). Estos grupos se correspondieron con 3 asociaciones de especies observadas en el modo R (Figura 25), las cuales fueron nombradas de acuerdo a la especie dominante (Asociación *R. sepetibaensis*, Asociación *E. exigua* y Asociación *S. complanata*).

El grupo I (GI) estuvo formado por las estaciones BC49, BC22 y BC16, localizadas en el talud medio y superior. Se caracterizó por la dominancia de la especie aglutinante *R. sepetibaensis* y por presentar los menores valores de J' y $\overline{H}$. Las estaciones del grupo presentaron un amplio rango de los estimadores del estado trófico PP (entre 431 y 979

$\text{gCm}^{-2}\text{año}^{-1}$) , Jz (entre 54 y 105 $\text{gCm}^{-2}\text{año}^{-1}$) y C_{org} (entre valores menores a 0.4 % y mayores a 5 %).

El grupo II (GII) estuvo constituido por las estaciones BC35, BC50 y BC61 localizadas en las menores profundidades. Se caracterizó por la dominancia de la asociación *E. exigua* (constituida por dos especies calcáreas y una aglutinante) y por presentar los mayores valores de D_t , $\overline{H}$, ALD_{10} y BFHP. Las estaciones del grupo presentaron los mayores porcentajes de arena y valores de PP y Jz, junto con los menores porcentajes de C_{org} .

Finalmente, el Grupo III (GIII) estuvo formado por 5 estaciones localizadas en el talud superior y medio: BC4, BC31, BC38, BC48 y BC59. La asociación de especies más importante fue *S. complanata*, constituida por 11 especies (9 hialinas y 2 aglutinantes). Se caracterizó por presentar las menores densidades totales de individuos (excepto BC59 que presentó 1802 individuos, las restantes densidades fueron < 715 foraminíferos) y de ALD_{10} (< 2.39), un amplio rango de los estimadores riqueza específica (entre 15 y 39 especies, siendo esta última la mayor riqueza encontrada en el área) y BFHP (entre 19.13 y 80.75). Presentó también elevados porcentajes de sedimentos finos, y un amplio rango de los estimadores PP (entre 362 y 1053 $\text{gCm}^{-2}\text{año}^{-1}$) y Jz (entre 26 y 137 $\text{gCm}^{-2}\text{año}^{-1}$).

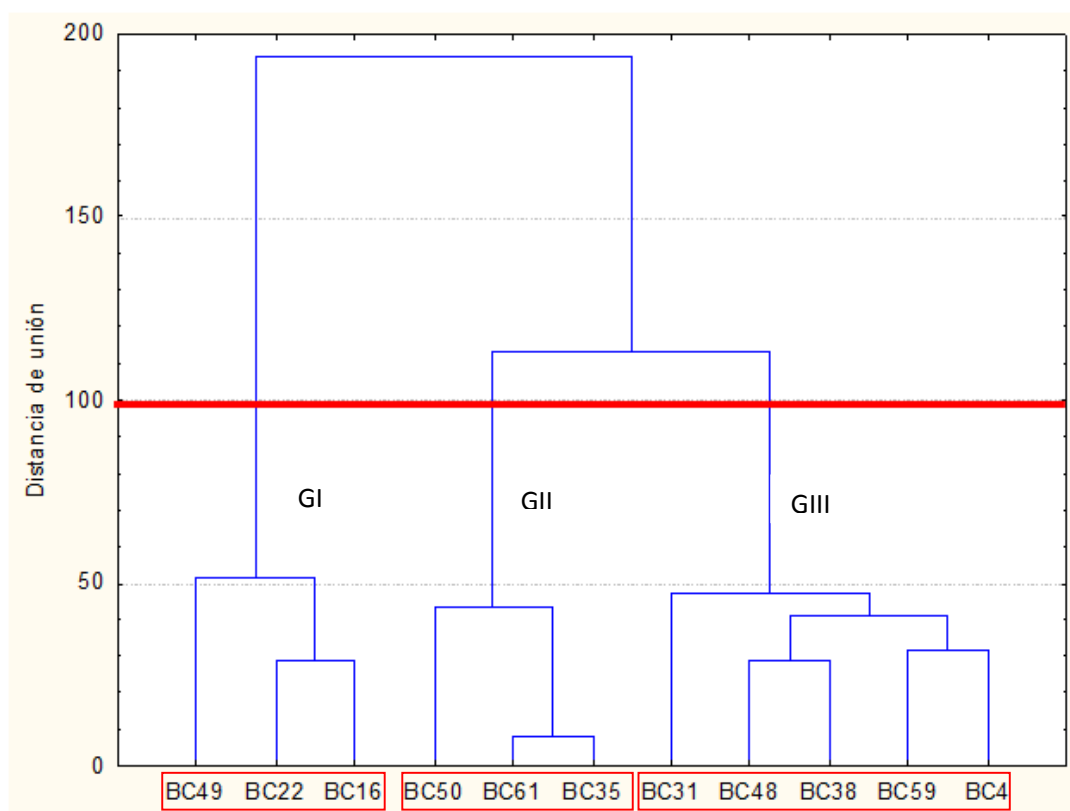


Figura 24- Diagrama de cluster realizado a partir de la abundancia relativa de especies por estación. Modo Q. Se observan 3 grandes grupos de estaciones a partir de la distancia de unión igual a 100 (GI, GII y GIII).

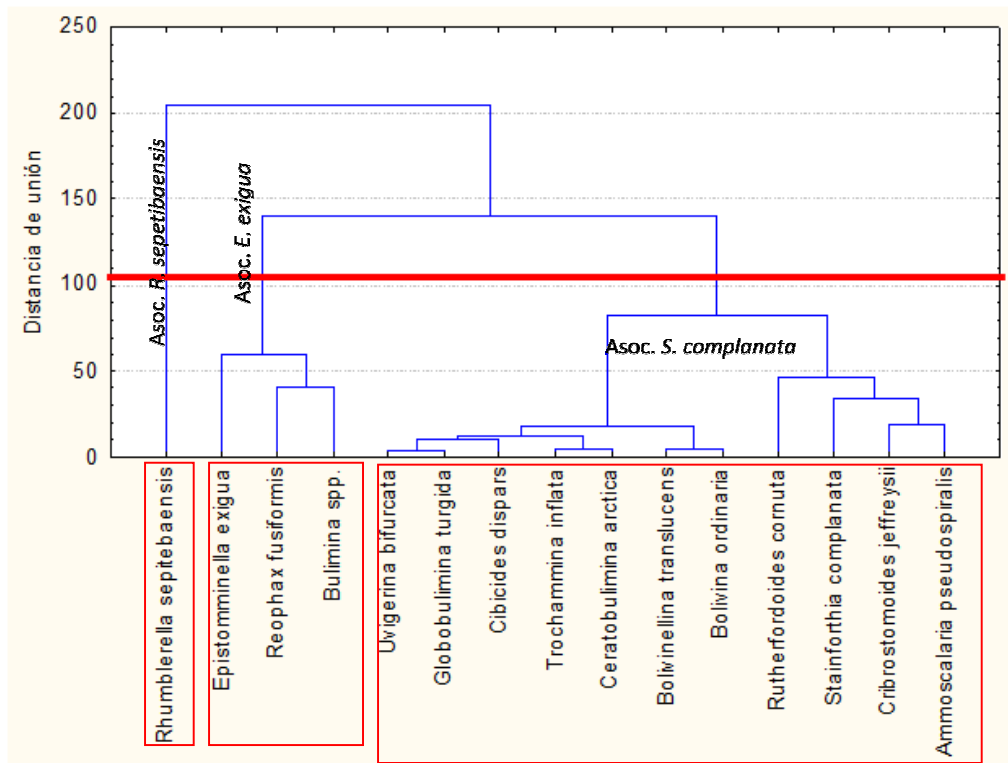


Figura 25- Diagrama de cluster realizado según la abundancia relativa de especies por estación. Modo R. se observan 3 asociaciones de foraminíferos a partir de la distancia igual a 100 (Asoc. *R. sepetibaensis*, Asoc. *E. exigua* y Asoc. *S. complanata*).

5.4.4 Distribución vertical de foraminíferos

En general se observó una disminución de la densidad de foraminíferos con la profundidad en el sedimento. En todos los casos excepto en la estación BC16 se registraron individuos vivos hasta el décimo centímetro de profundidad.

La mayoría de las estaciones presentó una dominancia de individuos infaunales (entre los 2 y 10 cm de profundidad), siendo la estación BC35 la que presentó el menor porcentaje de individuos encontrados en el primer centímetro (7.84 %). Las estaciones

BC38, BC48 y BC59 mostraron dominancia de individuos epifaunales, de ellas BC59 fue la que presentó el mayor porcentaje de individuos concentrados en el primer centímetro con un (73.59 %), (Tabla 8).

Tabla 8- Porcentaje de individuos encontrados en cada *microhábitat*.

NºBC	Epifauna	Infauna total	Infauna somera	Infauna intermedia	Infauna profunda
4	30.81	69.20	30.65	28.33	10.22
16	49.29	50.71	35.13	15.58	0
22	14.32	85.69	19.56	21.09	45.03
31	37.36	62.64	18.84	11.30	32.50
35	7.840	92.16	17.17	25.16	49.89
38	62.65	37.35	8.56	7.78	21.01
48	64.15	35.85	15.27	6.86	13.73
49	45.09	54.91	15.49	17.33	22.09
50	18.89	81.11	5.519	22.79	52.79
59	73.59	26.41	13.87	6.83	5.72
61	21.79	78.21	26.19	25.21	26.85

Se encontró que las funciones exponencial y de Boltzmann explicaron la mayoría de las distribuciones verticales de los foraminíferos en el sedimento. La función de Boltzmann fue ajustada en las estaciones BC4 y BC16 ($r^2 > 0.95$). En las estaciones con este ajuste se encontraron altas densidades en los primeros 2 centímetros seguidas por un decaimiento (Figuras 27 y 28).

En tal sentido, la estación BC4 presentó similar densidad de individuos epifaunales e infaunales someros, para luego decaer con la profundidad. Las especies dominantes fueron las calcáreas *Bulimina* spp., *Bolivina ordinaria* y *Bolivinellina translucens* y la

aglutinante *Rhumblarella sepetibaensis*, cuyas máximas densidades fueron encontradas en los primeros 2 centímetros. En la estación BC16 de los 2676 individuos registrados, 1319 se encontraron formando parte de la epifauna y 940 formaron parte de la infauna somera. A partir del quinto centímetro no se encontraron individuos vivos. Además de *R. sepetibaensis*, se encontraron elevadas densidades de *Globobulimina turgida* y *Buliminella elegantissima* en dicha estación (Figuras 23, 26 y 27).

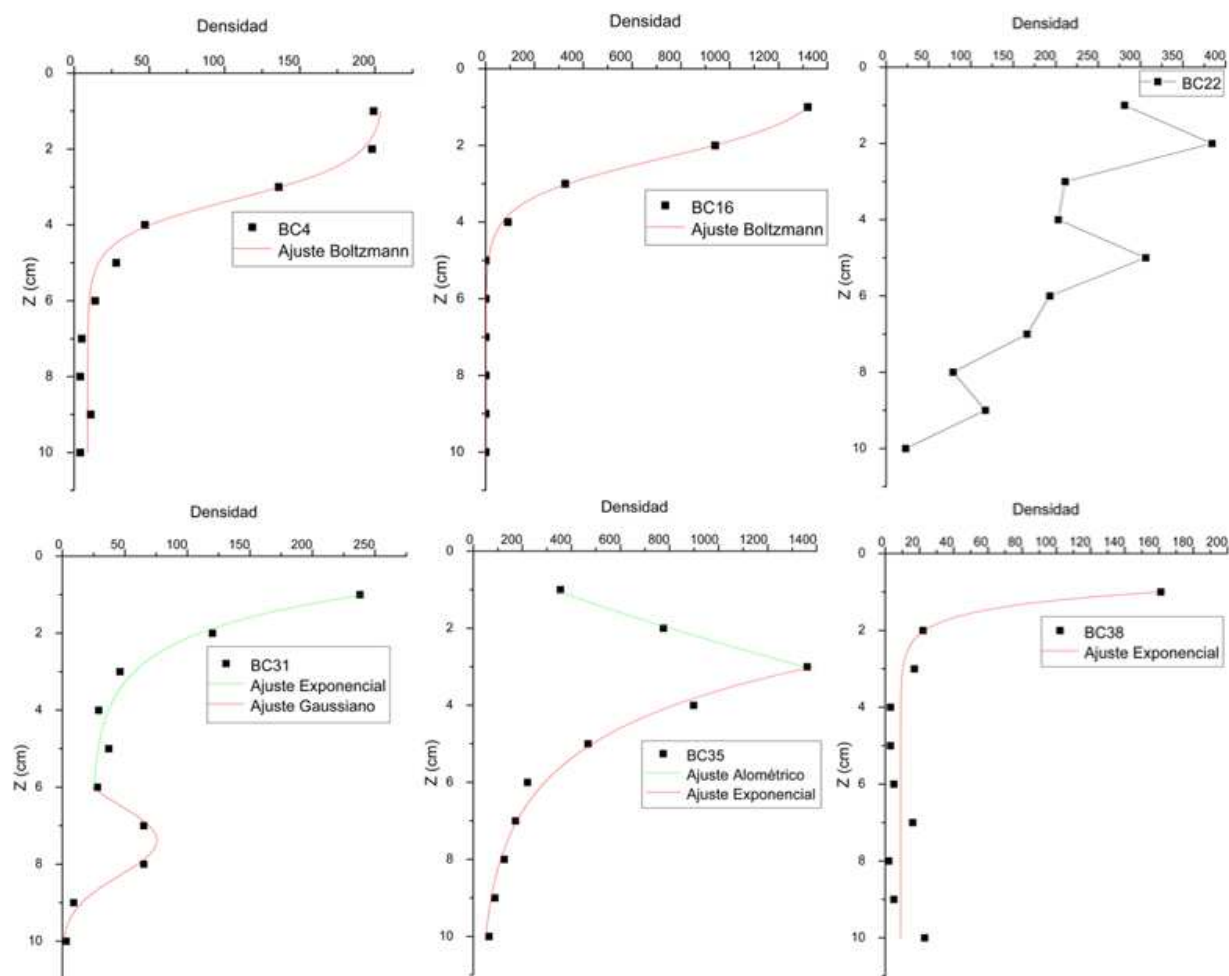


Figura 26- Distribución vertical de foraminíferos y funciones ajustadas. BC4: $A_1=206$ $A_2=9.06$ $z_0=3.32$ $dz=0.51$. BC16: $A_1=1437$ $A_2=-0.155$ $z_0=2.34$ $dz=0.52$. BC22: No pudo serle ajustada ninguna función. BC31: Ajuste exponencial, $y_0=23.31$ $A_1=158$ $t_1=1.076$. Ajuste gaussiano, $y_0=-0.09575$, $z_0=7.382$ $w=0.912$ $A=75.657$. BC35: Ajuste alométrico, $a=330.6$ $b=1.28$. Ajuste exponencial, $y_0=19.15$ $A_1=6886$ $t_1=1.86$. BC38: $y_0=8.94$ $A_1=1634$ $t_1=0.42$.

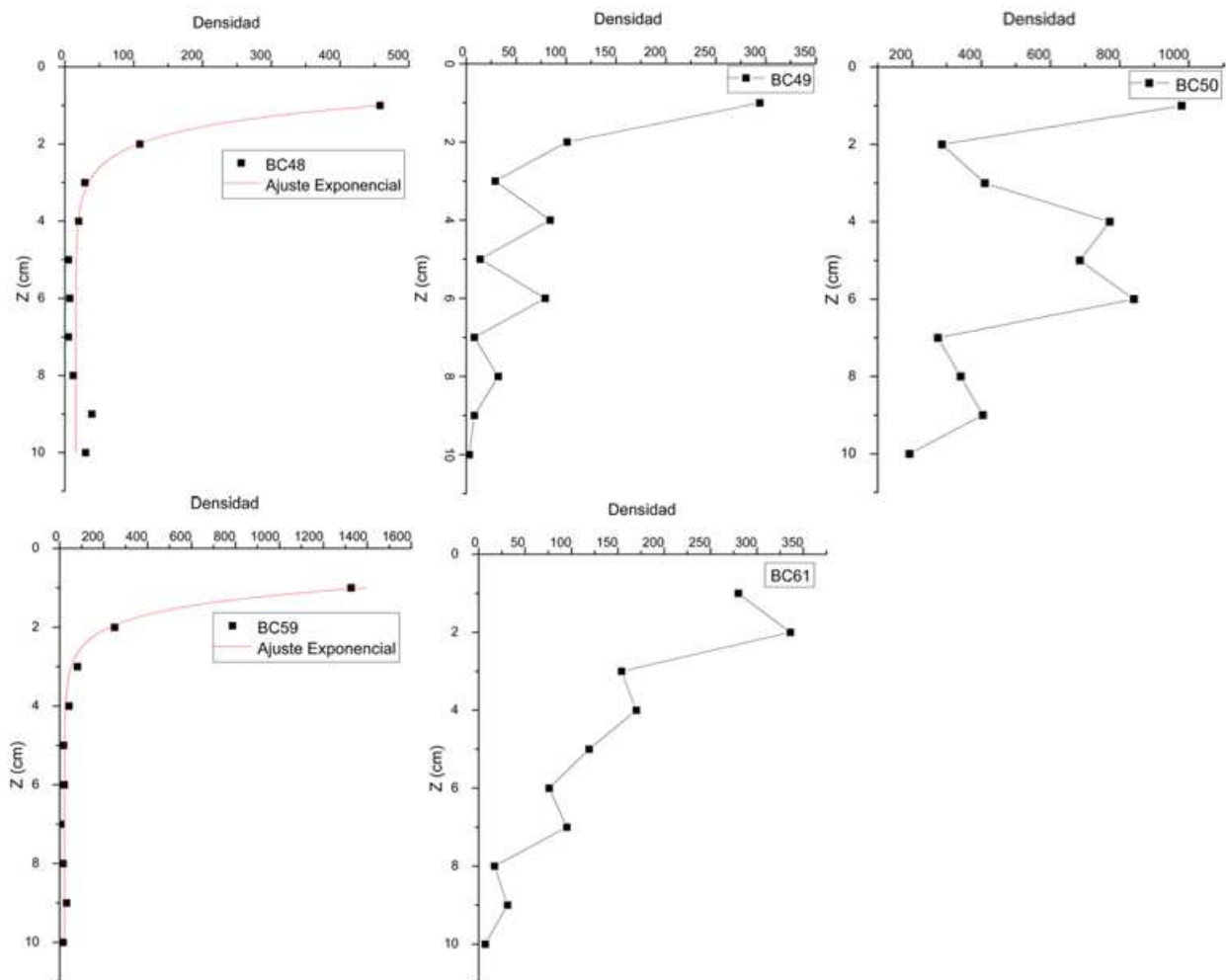


Figura 26- Continuación. Distribución vertical de foraminíferos y funciones ajustadas. BC48: $y_0=15.75$ $A1=2160$ $t1=0.631$. BC59: $y_0=21.97$ $A1=9165$ $t1=0.526$. A las distribuciones verticales de las estaciones BC49, BC50 y BC61 no se les pudo ajustar ninguna función.

La función exponencial ajustó ($r^2 > 0.95$) en las estaciones BC38, BC48, BC59 y también en la estación BC16 (que ajustó a ambas funciones). En la estación BC31 se obtuvo un decaimiento exponencial hasta el sexto centímetro a partir del cual la densidad aumentó nuevamente y esa porción de la curva se ajustó a una función Gaussiana.

Esta estación estuvo dominada por las especies *Cribrostomoides jeffreysii* y *Ammoscalaria pseudospiralis* (Figuras 23, 26 y 27).

De los 257 individuos encontrados en la estación BC38, 161 pertenecieron a la epifauna. En ella la densidad disminuyó con la profundidad hasta alcanzar un mínimo en el octavo centímetro (con 2 individuos). Por su parte, en la estación BC48 de los 714 individuos encontrados 458 fueron registrados en el primer centímetro, la especie dominante fue *S. complanata* y su máxima densidad se observó también en el primer centímetro (99 individuos). Finalmente, de los 1802 individuos encontrados en la estación BC59, 1326 se ubicaron en el primer centímetro. La menor densidad fue registrada a una profundidad de 7 cm (4 individuos), esta estación presentó varias especies con elevada densidad (*Rutherfordoides* spp, *Epistominella exigua* y *Trochammina inflata* fueron dominantes) (Figuras 23, 26 y 27).

En la estación BC35 se observó un aumento alométrico de la densidad de individuos con la profundidad hasta el tercer centímetro, a partir de allí la densidad decayó exponencialmente con la profundidad. Las especies dominantes alcanzaron su máxima densidad entre los 2 y 5 centímetros de profundidad y fueron en orden de abundancia especies pertenecientes al género *Bulimina* (*B. marginata*, *B. subulata* y *B. pupoides*), *E. exigua* y *Reophax* spp., también se encontraron altas densidades de la especie *B. ordinaria*. Además fueron observados moluscos gasterópodos y bivalvos, así como tubos de poliquetos y ostrácodos en los primeros 2 centímetros de este testigo (Figuras 23, 26 y 27).

Finalmente, a las estaciones BC22, BC49, BC50 y BC61 no se les ajustó ninguna de las funciones utilizadas. La estación BC22 (ubicada dentro de un cañón submarino) estuvo dominada hasta el segundo centímetro por especies pertenecientes al género *Rutherfordoides* (*R. cornuta* principalmente) seguida por *R. sepetibaensis*. A partir del tercer centímetro la especie dominante fue *R. sepetibaensis* alcanzando un segundo máximo de densidad en el quinto centímetro y otro (de menor amplitud) en el noveno centímetro. Por su parte, en la estación BC49 la densidad decayó con la profundidad en el sedimento, sin embargo se encontraron 3 máximos intermedios de densidad en los centímetros 4, 6 y 8, debidos a apariciones en profundidad de *E. exigua* (Figuras 23, 26 y 27).

En la estación BC50 se encontraron altas densidades de individuos (> 190) en todos los estratos analizados. La máxima densidad fue observada en el primer centímetro y estuvo representada por 979 individuos pertenecientes a 31 especies). A partir del segundo centímetro se volvieron dominantes, en primer lugar *E. exigua* seguida por especies pertenecientes al género *Bulimina*, representando entre ellas más del 95% de los individuos encontrados en cada estrato. Estas especies alcanzaron su máxima densidad en el centímetro 6. Si bien en la estación BC61 el perfil de densidades no se correspondió con las funciones utilizadas, la densidad de individuos decayó a partir del segundo centímetro. Se observó además una segregación de especies en la columna sedimentaria, en los primeros estratos dominaron las especies pertenecientes a los géneros *Reophax* y *Bulimina* mientras que en profundidad lo hizo *E. exigua*. Esta estación presentó signos de bioturbación como ser la presencia de poliquetos y ostrácodos vivos a 7 y 9 cm de profundidad, respectivamente (Figuras 23, 26 y 27).

En cuanto a los perfiles de distribución descritos por Jorissen (1999), fueron observados perfiles exponenciales, B, C y D. En tal sentido, perfiles exponenciales se encontraron en las estaciones BC16, BC38, BC48 y BC59. Por su parte, la estación BC4 presentó un perfil clasificado como del tipo B, la estación BC35 un perfil del tipo C y las estaciones BC22 y BC50 perfiles del tipo D. Finalmente, las estaciones BC31 y BC49 si bien no ajustaron exactamente a los perfiles descritos por Jorissen (1999), podrían considerarse como exponenciales debido a que entre los 2 primeros centímetros concentraron más del 80 % de la microfauna. Si bien en ellas se observaron oscilaciones de la densidad en la profundidad, los aumentos de densidad en profundidad fueron menores al 22 % respecto a la densidad encontrada en superficie (Figuras 26 y 27).

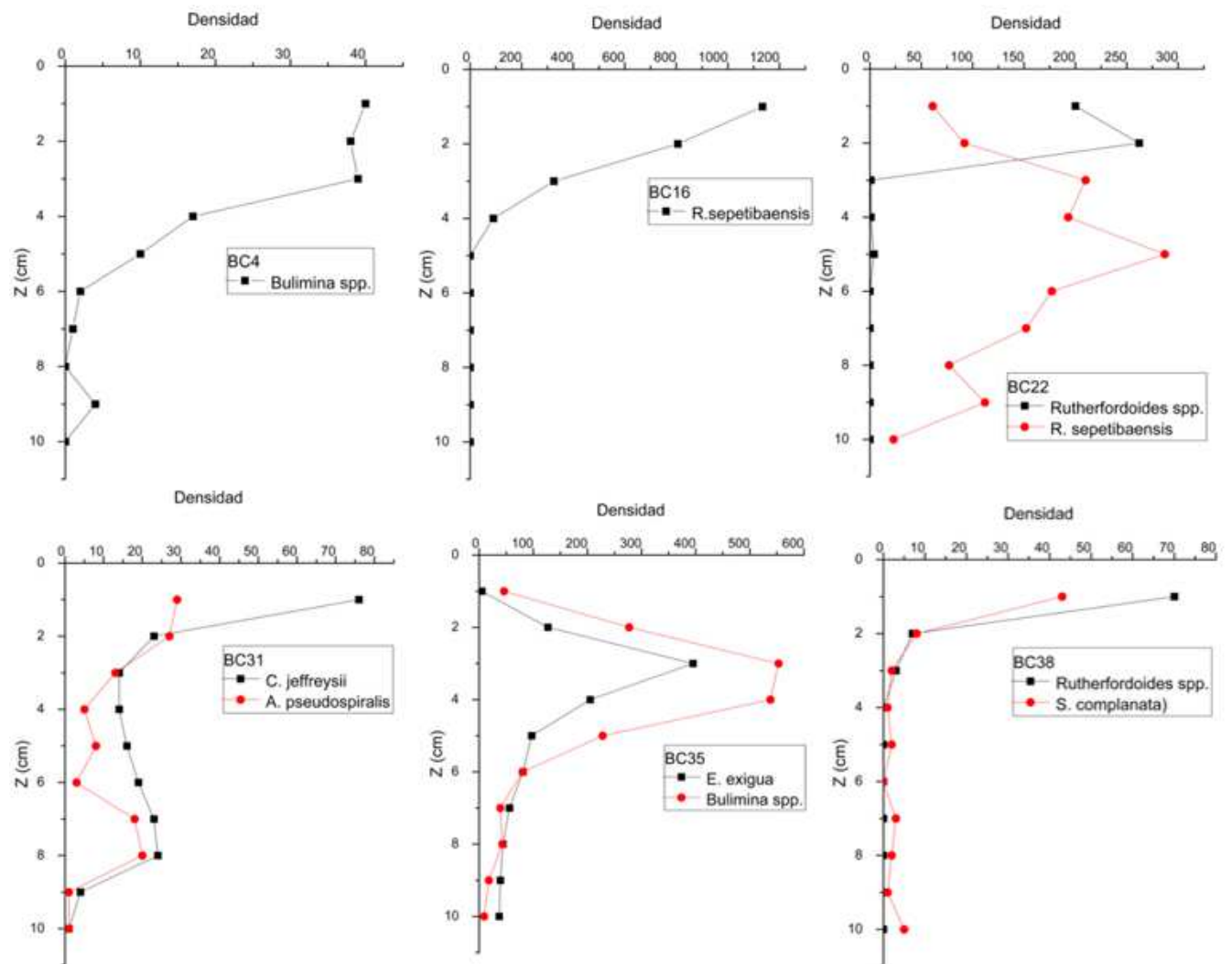


Figura 27. Distribución vertical de las especies dominantes en cada testigo.

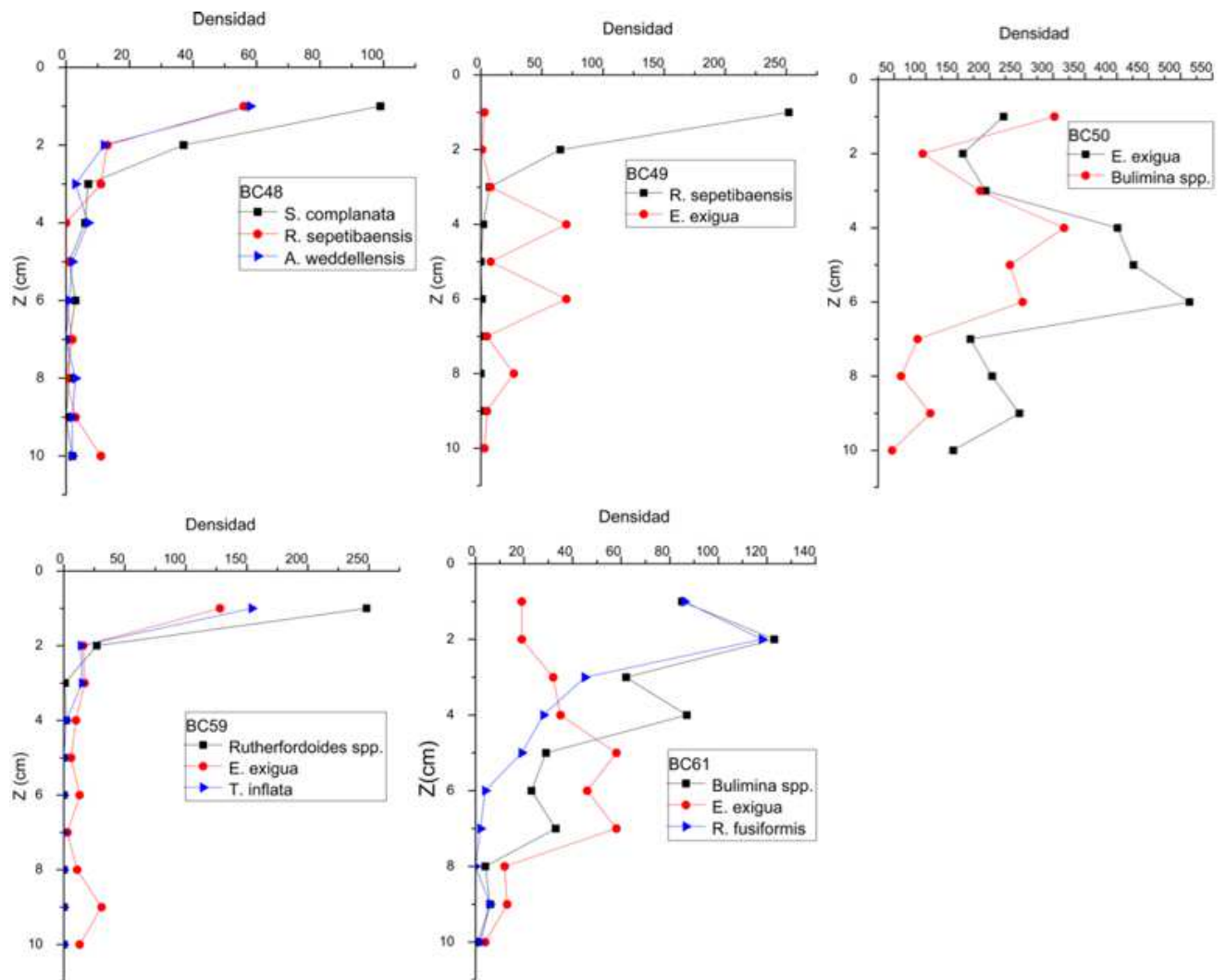


Figura 27. Continuación. Distribución vertical de las especies dominantes en cada testigo.

5.5 Relaciones entre parámetros bióticos y abióticos

5.5.1 Correlaciones Spearman

Los análisis realizados entre los parámetros sedimentológicos mostraron una correlación (Spearman) positiva entre el porcentaje de C_{org} y el de $CaCO_3$ ($r_s=0.42$,

$p < 0.05$) y una correlación significativa y negativa entre ellos y el porcentaje de arena en los sedimentos ($r_s = -0.46$ y $r_s = -0.52$, $p < 0.05$ para el C_{org} y $CaCO_3$ respectivamente).

Por otro lado, se encontró una correlación significativamente negativa ($r_s = -0.72$ y $p < 0.05$) entre la densidad total (D_t) de foraminíferos y la profundidad de la columna de agua de las estaciones. El resto de las correlaciones realizadas entre los parámetros abióticos y bióticos se presentan en la Tabla 9. El C_{org} medido en superficie del sedimento se encontró negativamente correlacionado con el Jz estimado a partir de las imágenes satelitales (Figura 28). En tal sentido las estaciones BC22, BC31 y BC38 presentaron los menores valores de flujo ($< 56 \text{ gCm}^{-2}\text{año}^{-1}$) y los mayores porcentajes de C_{org} en el sedimento ($> 2.06 \%$), mientras que las estaciones BC35 y BC61 presentaron de los mayores valores de flujo ($> 191 \text{ gCm}^{-2}\text{año}^{-1}$) y los menores porcentajes de C_{org} en el sedimento ($> 0.72 \%$).

Los estimadores D_t , $\overline{H}$, BFHP y densidad de especies pertenecientes a los géneros *Bulimina*, *Epistominella* y *Reophax* se encontraron significativa y positivamente correlacionadas con Jz (indicador de productividad), (Tabla 9 y Figura 29). Mientras que la densidad de *R. sepetibaensis* se vio negativamente correlacionada con el flujo de carbono. Por su parte la densidad superficial de individuos (primer centímetro de sedimento), BFHP y densidad de las especies *Epistominella exigua* y *Reophax* spp. se encontraron negativamente correlacionadas con los porcentajes de C_{org} , $\delta^{13}\text{C}$ y razón C/N. Finalmente, el estimador ALD_{10} no se vio correlacionado ni con el Jz ni con el porcentaje de C_{org} en el sedimento.

Tabla 9- Coeficientes de correlación de Spearman, en **azul** se muestran las correlaciones significativas al 90% y en **negrita** las significativas al 95%. Dttotal=Densidad total en la estación.

Dsuperficial=Densidad encontrada en el primer centímetro. ALD₁₀=profundidad media a la que se encontró la fauna. $\overline{H}$ =Diversidad ponderada. Jz=Flujo de carbono, C_{org}=Carbono orgánico superficial, $\delta^{13}\text{C}$ =isótopo estable del carbono 13 superficial.

Correlaciones Spearman	Jz (mgCm ⁻³ año ⁻¹)	PP (mgCm ⁻³ año ⁻¹)	C _{org} (%)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	C/N
Dt	0.43	0.37	-0.23	-0.45	-0.49
Dsuperficial	0.28	0.33	-0.29	-0.72	-0.47
ALD ₁₀	0.25	0.16	0.11	0.39	0.15
$\overline{H}$	0.45	0.25	-0.38	0.11	0.16
BFHP	0.8	0.67	-0.66	-0.18	-0.07
Epifauna	-0.25	-0.09	0.03	-0.37	-0.09
Infauna total	0.25	0.09	-0.03	0.37	0.07
InfaunaSomera	-0.35	-0.48	-0.29	-0.02	0.08
InfaunaIntermedia	0.05	-0.14	-0.29	0.10	-0.21
InfaunaIntermedia	0.20	0.17	0.14	0.18	0.01
Bulimina tot	0.73	0.53	-0.30	0.05	-0.01
Epistomminella tot	0.93	0.90	-0.40	-0.13	-0.34
Rhumlerella tot	-0.50	-0.36	0.15	-0.16	-0.04
Reophax tot	0.50	0.25	-0.43	-0.06	-0.12
Bulimina sup	0.72	0.59	-0.35	-0.39	-0.30
Epistomminella sup	0.85	0.88	-0.44	-0.44	-0.22
Rhumlerella sup	-0.29	-0.21	-0.05	-0.16	-0.11
Reophax sup	0.70	0.54	-0.58	-0.47	-0.33
Corg	-0.54	-	-	-	-

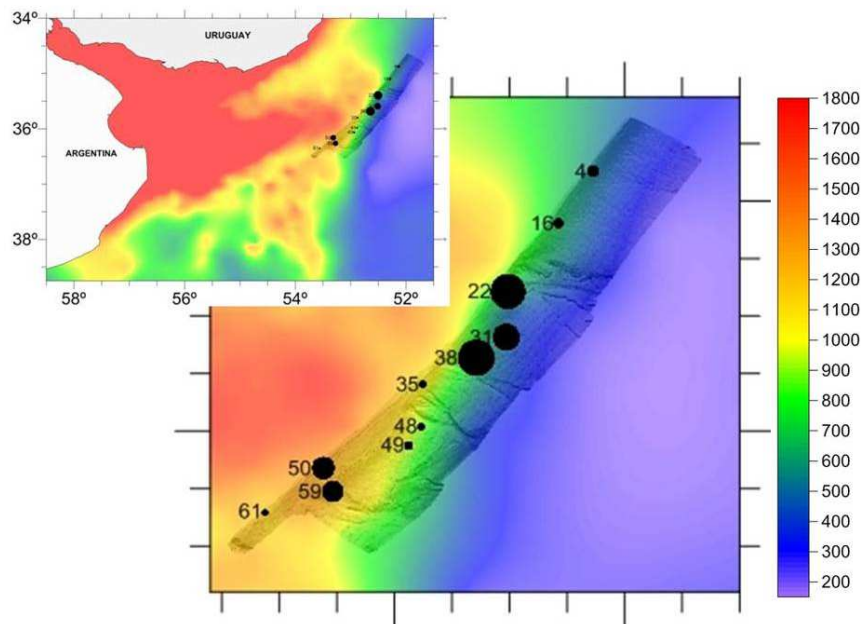


Figura 28- Producción primaria estimada para el área estudiada para el período 16 octubre - 02febrero 2009. Se plotearon las estaciones analizadas escaladas según los porcentajes de carbono orgánico en superficie.

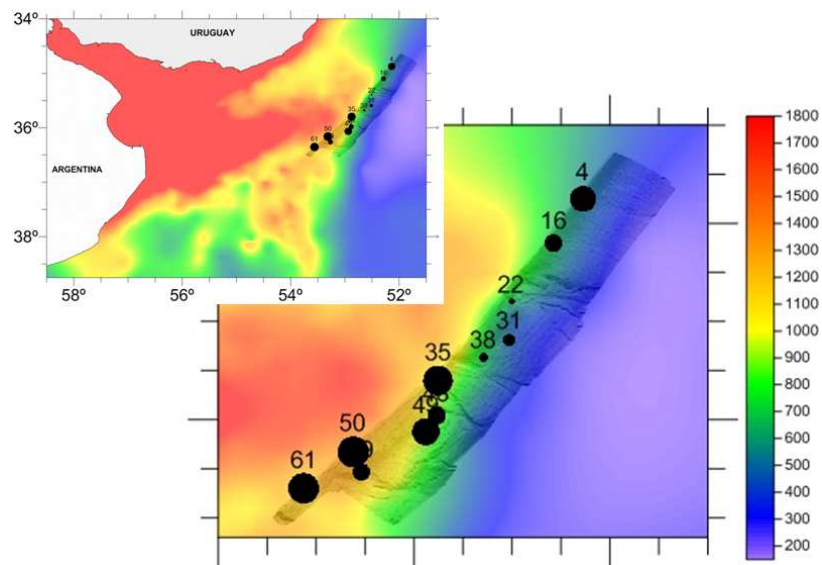


Figura 29- Producción primaria estimada para el área estudiada para el período 16 octubre - 02febrero 2009. Se plotearon las estaciones analizadas escalados según el porcentaje de especies calcáreas indicadoras de productividad (BFHP).

5.5.2 Análisis de Escalonamiento Multidimensional no paramétrico (nMDS)

El nMDS separó las estaciones del Centro y Norte (BC4, BC16, BC22, BC31 y BC38) de las ubicadas al Sur (BC61, BC50, BC59, BC35, BC48 y BC49), de acuerdo a los parámetros biológicos y abióticos indicadores de productividad y origen de la materia orgánica (Figura 30). De esta manera las estaciones ubicadas al Sur del área, sometidas a las mayores PP y Jz presentaron también las mayores densidades totales y de las especies *E. exigua*, *Bulimina* spp. y *Reophax* spp., BFHP, riqueza y porcentaje de especies infaunales.

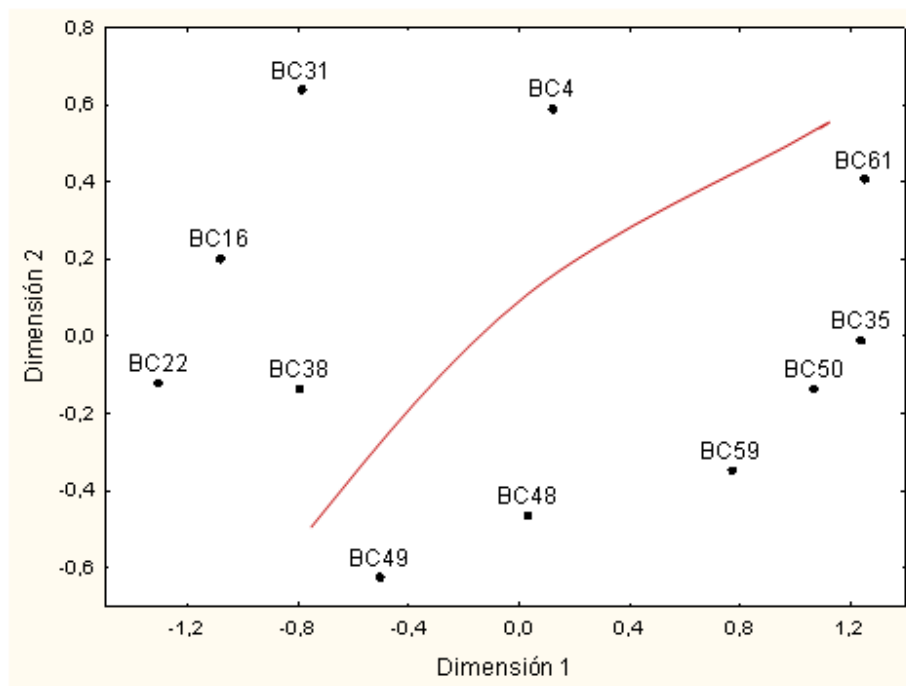


Figura 30. nMDS indicando las relaciones de similitud entre las estaciones analizadas. *Stress* = 0.053.

6. DISCUSIÓN

6.1 Columna de agua

6.1.1 Condiciones oceanográficas

A partir de los datos de temperatura y salinidad se corroboró la presencia de las masas de agua descritas en la bibliografía sobre el área (Piola & Gordon, 1989; Guerrero & Piola, 1997; Nuñez-Riboni et al., 2005; Ortega & Martínez, 2007). Se encontró la influencia de AC en superficie y frentes generados por el encuentro de aguas provenientes de CB (ACAS), con aguas provenientes de CM (ASA), sobre el talud.

En los primeros metros de la columna de agua, los frentes se observaron principalmente sobre la zona Sur. De esta manera, puede inferirse que hubo una elevada concentración de nutrientes en las aguas superficiales en toda el área, pero principalmente al Sur, sobre el quiebre de plataforma y talud superior (250 - 500 m), durante el período anterior al muestreo.

En este sentido, elevadas concentraciones de nutrientes y producción fitoplanctónica han sido ampliamente reconocidas sobre el área (Ciotti et al., 1995, Longhurst, 1998; Brandini et al., 2000; Conkright et al., 2002; Saraceno et al., 2005). Adicionalmente, las zonas donde se encuentran aguas provenientes de CB y CM son reconocidas como zonas de mayor producción fitoplanctónica que las regiones afectadas por cada una de las corrientes por separado (Sullivan et al., 1993; Podestá, 1997; Marañón et al., 2000; Saraceno et al., 2005; Olguin et al., 2006).

A su vez, la presencia de aguas costeras en el océano abierto, así como los elevados caudales de los ríos Negro y Uruguay a partir de setiembre de 2009, evidenciaron la elevada descarga del Río de la Plata (RdIP). El período anterior al muestreo (para el cual fue estimada la producción primaria, 16 Octubre 2009 - 02 Febrero 2010) coincidió con la máxima magnitud de un evento El Niño que comenzó en el trimestre Junio - Julio - Agosto del año 2009 (http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml).

Es reconocido que durante dichos eventos se produce un aumento en la precipitación sobre el territorio uruguayo (Díaz et al., 1998; Pisciotano et al., 1994; Cazes-Boezio et al., 2003; Ortega & Martinez 2007). Esto provoca un aumento en la descarga del RdIP, determinando un aporte aún mayor de nutrientes a las aguas oceánicas, con consecuentes aumentos en la biomasa fitoplanctónica (Depetris et al., 1996; Ortega & Martinez, 2007). En este sentido han sido previamente registrados aumentos en la descarga del RdIP del orden del 50 - 70 % durante eventos El Niño (Depetris et al., 1996 y Guerrero et al., 1996). En diciembre de 2009 fue obtenido el máximo caudal de los ríos Negro y Uruguay del período analizado, con un valor medio mensual de $15620 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ para el Río Uruguay, siendo que el caudal medio del Río es de $4739 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, según la serie de datos histórica (Dirección Nacional de Hidrografía, Ministerio de Transporte y Obras Públicas).

6.1.2 PP y Jz

En concordancia con la posición de los frentes debidos al encuentro de aguas provenientes de CB y CM así como con las elevadas descargas del RdIP, el área presentó elevada producción primaria durante todo el año (mayor al Sur y cercana a la plataforma), pero principalmente durante el período inmediatamente anterior al muestreo, alcanzando valores del orden de $1500 \text{ gCm}^{-2}\text{año}^{-1}$ al Sur. A modo de comparación, para la región de *upwelling* ubicada al Norte de Chile (Antofagasta), una de las más productivas del mundo, han sido estimados valores medios de PP de $2372 \text{ gCm}^{-2}\text{año}^{-1}$ (Iriarte & González, 2004). En el Atlántico oriental, para la zona de *upwelling* de Namibia (SW África) han sido estimados valores de PP entre 350 y $2970 \text{ gCm}^{-2}\text{año}^{-1}$ (Estrada & Marrasé, 1987). Por su parte en el Atlántico suroccidental, Burone et al. (2011) estimaron valores de PP de $520 \text{ gCm}^{-2}\text{año}^{-1}$ sobre una estación de muestreo ubicada en la región de *upwelling* de Cabo Frío (Brasil). Incluso los menores niveles de PP estimados en el presente trabajo para el período anterior al muestreo fueron característicos de zonas de elevada productividad. En este sentido, se han realizado estimaciones de elevada PP (entre 350 y $450 \text{ gCm}^{-2}\text{año}^{-1}$) para la zona del talud argentino debido a surgencias de quiebre de plataforma (Negri, 1993). Por el contrario, las estimaciones de PP en regiones oligotróficas realizadas varían en un rango entre 6 y $146 \text{ gCm}^{-2}\text{año}^{-1}$, para el océano abierto en los giros subtropicales del Atlántico (Longhurst, et al., 1995; Marañón et al., 2003) y valores entorno de $188.06 \text{ gCm}^{-2}\text{año}^{-1}$ para el margen del sudeste del Atlántico (Burone et al., 2011).

Además, los máximos valores de descarga del Río Uruguay coincidieron temporalmente con los mayores valores de PP sobre el área, evidenciando así la

influencia de las aguas costeras en el aporte de nutrientes. También debe considerarse la posibilidad de surgencias debidas a la existencia de cañones en el área (Mann & Lazier, 1996; Kämpf, 2005, 2007). Este tipo de surgencias han sido registradas al Sur de Australia (Rennie, 2005; Pattiaratchi, 2007) y en el Mediterráneo (Hooker et al., 1999). Las mismas determinan aumentos en la productividad primaria local, con consecuencias sobre toda la trama trófica. Sobre el área estudiada, los cañones facilitarían a las aguas de fondo, ASA y AAI ricas en nutrientes alcanzar la superficie, contribuyendo con la elevada productividad observada en la zona y en las proximidades de la boca de los cañones. La distribución de clorofila *a* con sus valores máximos siguiendo la distribución de los cañones durante el período 16 - 24 de octubre de 2009 posiblemente se deba a tales surgencias.

En general, la distribución de la PP sobre las estaciones fue concordante con los valores de Jz hallados en la superficie del sedimento de fondo, mostrando una distribución similar, pero con algunas variaciones explicadas por las diferencias de profundidad. En este sentido, para el período inmediatamente anterior al muestreo, las estaciones BC35 y BC49 presentaron valores cercanos de PP (906 y $979 \text{ gCm}^{-2}\text{año}^{-1}$, respectivamente) pero variaciones en el Jz (192 y $105 \text{ gCm}^{-2}\text{año}^{-1}$) debido a las diferentes profundidades de las estaciones (271 y 879 m , respectivamente).

Es sabido que parte de la PP superficial es consumida y degradada durante su transporte vertical, a lo largo de la columna de agua (Betzer et al., 1984; Guo et al., 1995; Boyd & Trull, 2007). Los valores de Jz representaron el porcentaje de la PP superficial que llegaría al fondo tomando en cuenta los procesos de consumo y degradación a lo largo de la columna, pero sin tomar en cuenta los procesos de

advección lateral (Berguer et al., 1984). De esta manera, los valores de Jz hallados para cada estación no pueden ser considerados como valores absolutos. El modelo utilizado para calcularlos no fue obtenido ni calibrado para el área. Sin embargo, igualmente resultaron útiles como una primera aproximación a la cantidad de carbono que llegaría al fondo y para comparar entre estaciones de acuerdo a la profundidad en que se ubicaron.

Si bien toda el área estudiada presentó valores de PP característicos de regiones de elevada productividad biológica (Estrada & Marrasé, 1987; Negri, 1993; Iriarte & González, 2004; Burone et al., 2011), en este trabajo al hablar de "bajos valores" de PP y Jz, se hizo en forma relativa, como referencia a los menores valores encontrados. Finalmente, es importante señalar también que al trabajar con imágenes provenientes del satélite MODIS/Aqua, los valores de clorofila *a* pueden ser sobrestimados debido a la existencia de otros componentes (aparte de la clorofila *a*) que absorban en el rango espectral del azul. Sin embargo, debido a que se trabajó en mar abierto se asumió que la presencia de estos componentes fue mínima y no una fuente de error significativa.

6.2 Sedimento

6.2.1 Indicadores de productividad

Los porcentajes de carbono orgánico (C_{org}), carbonato de calcio ($CaCO_3$) y nitrógeno total (N_t) en la superficie del sedimento no respondieron directamente a la PP superficial estimada para el período inmediatamente anterior al muestreo. Probablemente los valores de C_{org} , $CaCO_3$ y N_t reflejen la productividad como un promedio de una serie temporal amplia. La serie temporal de 3 meses utilizada en los

cálculos de PP en este estudio tuvo como objetivo apenas evaluar la respuesta de la microfauna y no la acumulación de material orgánico en sedimentos.

La tasa de sedimentación (i.e. la velocidad con que se acumulan los sedimentos) aporta información directa acerca de la intensidad de corrientes y energía del ambiente (Gyllencreutz et al., 2010). A partir de testigos obtenidos en el talud superior en la región de estudio (para la latitud 35.5° S) se ha estimado una tasa de sedimentación de 50 cmKaño⁻¹ en un área de baja energía, identificada como un depocentro (Bender, 2012). Probablemente en otras zonas de la región la acumulación sea menor, presentando menores tasas de sedimentación o estando sometidas a la erosión (Franco-Fraguas et al., *en preparación*). De esta forma, los testigos analizados en el presente trabajo representarían una mezcla temporal de por lo menos unas centenas de años. Así los datos abióticos pueden tener cierta limitación en la identificación de los procesos oceanográficos con variabilidad estacional como la productividad oceánica.

Así como la PP mostró ser variable en superficie durante el año, el Jz sobre el fondo también. Sin embargo, los valores medianos anuales de PP resultaron bastante homogéneos sobre el área (246 - 542 gCm⁻²año⁻¹), aunque algo mayores al Sur, por lo que los valores anuales de Jz variaron básicamente con la profundidad y la latitud. El contenido de C_{org} en los sedimentos no siguió el patrón esperado de acuerdo a la distribución de PP ni a la ecuación de Jz. Esto indicaría que la distribución del C_{org} en el área no estaría principalmente explicada por las diferencias en la PP superficial y sí por el consumo a lo largo del tiempo y procesos dependientes de la energía del ambiente, i.e. transportes lateral y mar adentro (*off shore* y *off shelf*) así como por procesos de

erosión y deposición de sedimentos (Jahnke et al., 1990; Biscaye & Anderson, 1994; Guo et al., 1995; Inthorn et al., 2006).

Cabe destacar también que en toda el área fueron encontrados bajos valores de CaCO_3 (< 30 %), similares a valores previamente obtenidos por Frenz et al. (2003), que permiten clasificar a los sedimentos como litoclásticos (<30%; Larssoneur et al., 1982). Estos porcentajes podrían relacionarse con una elevada disolución del mismo por aguas provenientes de la CM sobre el fondo, y/o a una elevada disolución sobre la lisoclina debido a elevadas tasas de flujo de material orgánico relacionadas con la productividad del área (Bender, 2012). Sin embargo, igualmente fueron observadas variaciones en la distribución del CaCO_3 , relacionados a la energía del ambiente.

Así, el control energético sobre los procesos sedimentológicos y distribución de C_{org} , N_t y CaCO_3 en la región puede ser reconocido a través del tamaño de grano. Éste aporta información de corrientes, tasa de sedimentación, energía y facilidad de difusión del oxígeno (Gyllencreutz et al., 2010).

6.2.1.1 Control energético sobre los indicadores de productividad

Plataforma externa y talud superior

Es conocido que tanto la CB como la CM presentan elevados transportes en la zona de estudio, aunque los valores de flujo son variables según el autor y modelo utilizado en el cálculo (Gordon & Greencrow, 1986; Stramma, 1989; Peterson, 1992; Garzoli, 1992; Cirano et al., 2006). Sobre la plataforma externa se han estimado velocidades de hasta 30 cms^{-1} para la CM y de hasta 20 cms^{-1} para la CB (Gwilliam, 1996). Además, en el encuentro de ambas corrientes se produce una migración *off shore* con suficiente

energía como para transportar sedimentos arenosos desde la plataforma al talud superior (Bender, 2012).

Así, la intensidad de las corrientes y elevada energía producto de los frentes, explicarían los elevados porcentajes de arena (> 54 %) encontrados en las estaciones más someras. Éstas fueron, al Norte, estaciones BC4 y BC16, al Sur, estaciones BC35, BC50 y BC61, siendo BC61 la única ubicada sobre la plataforma externa (Bender, 2012; Franco-Fraguas et al., *en preparación*). Estos porcentajes concuerdan con los encontrados en la bibliografía (Urien et al., 1980; Ayup-Zouain et al., 2001; Mahiques et al., 2008; Franco-Fraguas et al., *en preparación*). Además la elevada energía dificultaría la deposición del C_{org} , N_t y $CaCO_3$, contribuyendo a explicar por qué sobre el quiebre de plataforma y talud superior fueron encontrados los menores niveles de dichos *proxies* en el área.

En este sentido, al Norte del área en el talud superior, Franco-Fraguas et al. (*en preparación*) encontraron un ambiente erosivo. Donde, la elevada energía de las corrientes sobre el fondo, actuaría impidiendo el enterramiento de sedimentos antiguos y/o favorecería el transporte *off shore*, determinando la dominancia de sedimentos relictos arenosos en las estaciones allí ubicadas (BC4 y BC16). Además sobre estas estaciones se encontró dominando la CB, cuyas aguas oligotróficas también contribuirían a explicar los menores niveles de PP y Jz, así como de los *proxies* de productividad encontrados en la superficie de los sedimentos.

Cabe destacar también que los mayores porcentajes de arena (hasta 100 %) y menores niveles de C_{org} , N_t y $CaCO_3$ de toda el área fueron registrados al Sur en las

estaciones más someras, sometidas a los mayores niveles de PP y Jz (BC35, BC50 y BC61). Sin embargo, estas estaciones presentaron los mayores valores de las razones Ba/Al y Ba/Ti, indicando que efectivamente estarían ubicadas en las zonas de mayor productividad. En este sentido, varios estudios han evaluado y aprobado el uso de las razones Ba/Al y Ba/Ti como indicadores de productividad marina (Broecker, 1982; Dymond et al., 1992; Paytan & Kasner, 1996; Mahiques et al., 2009). Cabe destacar que el valor de Ba aquí utilizado se refiere al Ba total (detrítico + biogénico) por desconocimiento del valor de *background* regional. Una ventaja de utilizar el Ba como *proxy* de productividad es la buena preservación de la barita en los sedimentos (Dymond et al., 1992; Paytan & Kastner, 1996). Una vez dentro del sedimento, la disolución cesa debido a la supersaturación de barita en aguas intersticiales, tanto en sedimentos óxicos como anóxicos (Gingele & Dahmke, 1994). De esta manera, a pesar de que los elevados niveles de PP y Jz no se vieron reflejados en el contenido de C_{org}, Nt y CaCO₃ debido a la elevada energía del ambiente, si lo hicieron en los elementos menores, resaltando la importancia del uso de varios estimadores en los estudios de caracterización ambiental.

Talud medio

De acuerdo con Hernández-Molina et al. (2009), Krastel et al. (2011) y Hernández-Molina et al. (2011), en el talud medio argentino el AAI determina la formación de terrazas contorníticas con sedimentos superficiales arenosos. Dichas terrazas son elementos morfológicos sub-horizontales sobre el fondo submarino, desarrolladas durante sucesivas fases deposicionales y erosivas mediante la acción de las masas de agua antárticas que interaccionan con el talud continental. Regionalmente, la ubicación

de las terrazas se correlaciona con la posición de las interfases entre las principales masas de agua. (Hernández-Molina et al., 2011). Existe evidencia que indica una continuación de estas terrazas hasta el Sur del área de estudio (Krastel et al., 2011; Franco-Fraguas et al. *en preparación*). En este sentido, la estación BC49, ubicada al Sur sobre el talud medio, presentó elevados porcentajes de arena y porcentajes de los más bajos de C_{org} , Nt y $CaCO_3$ debido probablemente a su ubicación sobre dicha terraza erosiva.

Hacia el Norte del área sobre el talud medio (al Norte del cañón 1), la terraza desaparece junto con un aumento de los sedimentos finos, indicando una región de menor energía, más favorable para la deposición (Franco-Fraguas et al., *en preparación*). La desaparición de la terraza concuerda con una disminución de la intensidad del flujo del AAI al acercarse a la confluencia de las corrientes CB y CM (Peterson et al., 1992; Boebel et al., 1999). En concordancia con esto, las estaciones ubicadas sobre el talud medio en la zona central del área (BC31 y BC38) presentaron elevados porcentajes de sedimentos finos. La menor energía sobre el ambiente habría favorecido la acumulación del material orgánico. De esta manera, estas estaciones a pesar de haber estado sometidas a los menores Jz (entre 25 y 54 $gCm^{-2}año^{-1}$) presentaron elevados porcentajes de C_{org} ($> 2.06\%$) y de los mayores porcentajes de $CaCO_3$ ($> 12\%$) y de Nt ($> 0.3\%$). Entonces, procesos de transporte lateral probablemente hayan influido en los porcentajes encontrados en esa zona.

Procesos de transportes laterales y *off shelf* de sedimentos y su deposición en las regiones de menor energía han sido sugeridos por diversos autores en diferentes regiones. Estudios para la zona de *upwelling* de Namibia muestran que el material

orgánico producido en plataforma es transportado hacia el talud a una zona de menor productividad primaria, para su deposición entre los 400 y 1500 m de profundidad en un depocentro, donde los sedimentos alcanzan hasta un 8 % de C_{org} (Fischer & Wefer, 2000; Inthorn et al., 2006). Por otro lado, en la costa NE de Estados Unidos (al Norte de Cabo Hatteras), se han evidenciado transportes laterales de material orgánico desde el márgen continental hacia el interior oceánico (Falkowski et al., 1994). Finalmente sobre el talud continental uruguayo, Frenz et al. (2003) encontraron la presencia de un corredor en sentido Norte - Sur entre las latitudes 52° y 54° W con elevadas concentraciones de C_{org} (> 2.5 %) en profundidades de entre 500 y 3500 m. Este corredor sería producto de la elevada PP en superficie debida a los frentes generados por el encuentro de aguas pertenecientes a CB y CM. Al sedimentar el material orgánico en superficie generaría dicho corredor. Así, los elevados porcentajes de C_{org} encontrados en la columna sedimentaria en la zona central del área podrían deberse a su ubicación en dicho corredor.

Cañones

Las estaciones ubicadas cercanas y dentro de los cañones (BC22, BC48 y BC59) también presentaron elevados porcentajes de sedimentos finos (indicando baja energía sobre el ambiente), de C_{org} (> 2.06 %) y de los mayores porcentajes de $CaCO_3$ y N_t del área. Los cañones difieren del océano abierto en los procesos sedimentarios que determinan la calidad y cantidad de material y depósitos orgánicos (Soetaert et al., 1991; Newton et al., 1994; Vetter & Dayton, 1998; Duineveld et al., 2001; Khripounoff et al., 2009). Mientras que en el océano abierto el principal flujo de material orgánico se corresponde con el fitodetritus fresco exportado de aguas superficiales hacia el fondo

(Newton et al., 1994), los cañones son ambientes altamente dinámicos donde el material puede ser atrapado o transportado por el cañón desde el talud hacia la planicie abisal (e.g. Rowe et al., 1982; Soetaert et al., 1991; Maurer et al., 1994; Soetaert & Heip, 1995; Vetter & Dayton, 1998; Duineveld et al., 2001). Partículas de material orgánico e inorgánico son así parcialmente transportadas a través del cañón por varios procesos hidrodinámicos (de Madron et al., 2005; Gaudin et al., 2006; Khripounoff et al., 2009), el sedimento puede ser transportado mediante eventos de suspensión resuspensión y flujos gravitatorios, entre otros (Heussner et al., 1999, Hsu et al., 2008, Hess et al., 2005, Pusceddu et al., 2010). Independientemente del mecanismo de transporte, los componentes orgánicos en los cañones son una compleja mezcla de material fitodetrítico más o menos re TRABAJADO asociado con proporciones de material terrígeno (e.g. Tesi et al., 2010, Van Weering et al., 2002).

Así en la estación BC22 (dentro del cañón 1) se encontraron los mayores porcentajes de C_{org} frente a valores de PP y Jz de los más bajos del área junto con elevados porcentajes de sedimentos finos, sugiriendo que procesos de transporte y deposición serían los responsables de los porcentajes encontrados. Por su parte, en las estaciones ubicadas al Sur del área, cercanas a los cañones 3 y 4 (BC48 y BC59) la baja energía del ambiente (representada por elevados porcentajes de sedimentos finos) habría actuado favoreciendo la deposición del material orgánico resuspendido por las aguas provenientes de la CM (Franco-Fraguas et al. *en preparación*).

6.2.2 Proxies de origen de la materia orgánica y fuente de sedimentos

Los valores de $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ y la razón C/N han sido ampliamente utilizados para evaluar la influencia relativa de la materia orgánica terrestre y marina (Mathesius, 1999; Zeebe & Wolf-Gladrow, 2001; Lacerda & Marins, 2006; Mahiques et al., 2009; Burone et al., 2011; Burone et al., 2013). En este sentido, 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 (Prah et al., 1994). 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. Para el $\delta^{15}\text{N}$ fue establecido 1‰ como un valor típicamente terrestre y 5 ‰ como típicamente marino (Lacerda & Marins, 2006). Finalmente valores de la razón C/N mayores a 15 son reconocidos como típicos de plantas terrestres, mientras que valores entre 5 y 7 serían típicamente marinos (Saito et al., 1989; Zeebe & Wolf-Gladrow, 2001). Valores intermedios de todos estos estimadores se consideran típicos de un ambiente tanto con influencia marina como continental (influencia mixta). Por otro lado, diferentes estudios han evaluado y aprobado el uso de los elementos menores como Al y Ti como indicadores de influencia terrestre (Arz et al., 1998; Mahiques et al., 2009; Burone et al., 2013).

De acuerdo a los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ en todas las estaciones analizadas se registró un origen marino (Saito, 1989; Prah, 1994; Zeebe & Wolf-Gladrow, 2001; Lacerda & Marins, 2006). Según la razón C/N podría existir una influencia terrestre en la zona central del área (debido a valores de la razón C/N cercanos a 10 en todo el testigo de

las estaciones BC22, BC31 y BC38) y al Norte del área (debido a valores de la razón C/N cercanos a 10 en el primer centímetro de la estación BC4), (Mojtahid et al., 2009).

Cabe resaltar que la estación BC4 (localizada al Norte del área) presentó el mayor valor de $\delta^{13}\text{C}$ (-20 ‰), el menor valor de $\delta^{15}\text{N}$ (5.4‰) y el mayor valor de la razón C/N (9.61). Además registró junto con la estación BC16 los mayores valores referentes a los elementos terrígenos (Al y Ti). Estos resultados si bien la definen como marina, indican aportes terrígenos y muestran cierta contradicción entre lo apuntado por el $\delta^{13}\text{C}$ (como la estación más marina) y el resto de los *proxies*, que la definen como la de mayor influencia terrestre. De esta manera, de acuerdo a los elementos Al y Ti, las estaciones ubicadas al Norte del área presentarían sedimentos con los mayores aportes terrígenos, que probablemente debido a su ubicación sobre un área de erosión, sean aportes antiguos. De esta manera, nuevamente se evidencia la importancia del uso de diferentes estimadores en los estudios de caracterización ambiental.

6.3 Análisis de Componentes Principales (ACP)

Los ACP realizados permitieron identificar tres grupos de estaciones que mostraron las diferentes condiciones tróficas sobre el área. Así, las zonas Sur y media del área presentaron el mayor estado trófico. La zona Sur (grupo G2 de estaciones) presentó elevados niveles tróficos debido a la ubicación de los frentes generados por aguas pertenecientes a CB y CM así como a la presencia de aguas costeras provenientes de la descarga del RdIP (esta zona mostró los mayores niveles de productividad marina). La región media (grupo G1 de estaciones) presentó elevados niveles tróficos reflejados en los elevados porcentajes de C_{org} y N_{t} . Por su parte, la zona Norte (con las

estaciones pertenecientes al grupo G3 de acuerdo al segundo ACP) presentó los menores niveles tróficos del área (reflejados en sus niveles de PP y Jz así como en los bajos porcentajes de carbono en el sedimento). Sobre esta región se encontró dominando la Corriente de Brasil cuyas aguas oligotróficas explicarían la presencia de los menores niveles tróficos durante el período de estudio.

Al realizar el ACP tomando en cuenta todos los parámetros abióticos, la estación BC4 fue la única integrante del grupo G3, debido a que presentó los mayores valores de $\delta^{13}\text{C}$. Este isótopo, estaría indicando, al menos para el caso de la estación BC4 lo contrario al resto de los estimadores del origen del material orgánico, por ello fue decidido no tomarlo en cuenta a la hora de agrupar las estaciones según el estado trófico. Por otro lado a pesar de que el $\delta^{15}\text{N}$ sí mostró variaciones en las estaciones, en todas indicó un origen marino y además éstas variaciones fueron concordantes con las variaciones en la razón C/N (e.g. cuanto mayores los valores de la razón C/N, menores los valores de $\delta^{15}\text{N}$, indicando mayores aportes terrígenos). Así se decidió utilizar solamente la razón C/N como indicador del origen del material orgánico en el segundo ACP, ya que fue concordante con lo indicado por el $\delta^{15}\text{N}$ y el único que en sus valores reflejó aportes mixtos en el origen del material orgánico.

6.4 Estimadores biológicos

Los parámetros ecológicos de las asociaciones de foraminíferos (R , D , $\overline{H}$), las distribuciones verticales y la profundidad media a la que se distribuyó la fauna (ALD_{10}), reflejaron las respuestas de los organismos a las diferentes condiciones sobre el ambiente bentónico, como ser Jz, calidad y cantidad de materia orgánica ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$,

C/N y porcentaje de C_{org}), tamaño de grano (e indirectamente, energía del ambiente y oxigenación), geomorfología, condiciones hidrodinámicas, bioturbación e interacciones tróficas, así como a la profundidad de la columna de agua y ubicación geográfica.

Así, los datos de la microfauna viva son de gran importancia, pues reflejan los procesos actuales (y recientes, a una escala de meses) que ocurren en el área (a diferencia de los parámetros sedimentológicos y geoquímicos que reflejarían un promedio de una serie temporal más amplia). La composición de la fauna de foraminíferos bentónicos vivos varía a través del año en respuesta a los parámetros ambientales (Gooday, 1988; Gooday 1993; Gooday & Turley, 1990; Kitazato et al., 2000; Kitazato et al., 2003).

El material orgánico que llega al fondo oceánico influye en la composición de la fauna de foraminíferos tanto cuantitativa como cualitativamente (Altenbach, 1985, 1988, 1992; Altenbach & Sarnthein, 1989; Gooday, 1993; Jorissen et al., 1998; Fontanier et al., 2002). En este sentido, el área se caracterizó de forma general por la presencia de una elevada densidad de especies oportunistas (aquellas que aumentan su abundancia rápidamente en respuesta a un aumento en el material orgánico que llega al fondo oceánico), especies típicamente infaunales y especies características de ambientes hipóxicos.

Dentro de las especies típicamente infaunales, oportunistas y características de ambientes hipóxicos encontradas con elevadas densidades, estuvieron *Epistominella exigua* (oportunista; Sun et al., 2005; Murray, 2006), *Bulimina* spp. (infaunal y oportunista; Murray, 2006), *Reophax* spp. (oportunista; Fontanier et al., 2003), *Globobulimina turgida* (infaunal profunda y tolerante a condiciones de disoxia; Faridudin

& Loubierre, 1997; Fontanier et al., 2005), *Rutherfordoides* spp. (indicadora de ambientes anóxicos; Kaiho, 1994), *Stainforthia complanata* (oportunista e indicadora de ambientes anóxicos; Kaiho, 1994; Murray, 2006) y *Nonionella stella* (oportunista e infaunal, tolera disoxia e incluso períodos de anoxia; Murray, 2006; Silva et al., 2006).

Así los elevados niveles tróficos encontrados sobre toda el área (indicados por los valores de PP, Jz y porcentajes de C_{org}) se evidenciaron en la elevada densidad de especies oportunistas encontradas. Además, los elevados niveles tróficos, junto con la elevada densidad de especies típicamente infaunales y características de condiciones hipóxicas encontradas en los sedimentos superficiales de algunas estaciones, permiten inferir que la distribución vertical de los foraminíferos bentónicos en el área de estudio no estuvo limitada por la disponibilidad de alimento, sino por la disponibilidad de oxígeno (Kaiho, 1994; Jorissen et al., 1995; Faridudin & Loubierre, 1997; Jorissen, 1999; Fontanier et al., 2005; Murray, 2006).

6.4.1 Asociaciones de especies: Asociación *S. complanata*, GIII

La asociación *S. complanata* (modo R del análisis de cluster) estuvo constituida por la mayoría de las especies encontradas en el área, con bajas dominancias, típicamente infaunales y características de condiciones hipóxicas (Kaiho, 1994; Faridudin & Loubierre, 1997; Fontanier et al., 2005; Murray, 2006; Silva et al., 2006). Esta asociación se distribuyó en las estaciones que formaron el grupo GIII (Modo Q del análisis de cluster)¹ localizadas en el talud medio y superior. El grupo se caracterizó

¹ Se describieron los grupos de estaciones en el orden inverso (i.e. GIII, GII y finalmente GI) de manera de facilitar la comprensión de la discusión.

además por presentar los menores valores de ALD_{10} , un amplio rango de los estimadores R (entre 15 y 39 especies) y BFHP (entre 19.13 y 76.10).

Además, los perfiles de distribución vertical de los foraminíferos en las estaciones del grupo fueron del tipo exponencial, y se registró en ellas una dominancia de sedimentos finos (que dificultan el pasaje de oxígeno hacia estratos profundos) junto con los mayores porcentajes de C_{org} , N_t y $CaCO_3$ del área (excepto en la estación BC4 cuyo caso será discutido posteriormente).

Así, según las hipótesis planteadas por el modelo TROX (Jorissen et al., 1995), bajo elevados niveles tróficos el frente redox principal se encontraría cercano a la superficie y sería esperable que los *taxa* infaunales sean encontrados cercanos a ella debido a la limitante establecida por la distribución vertical del oxígeno. Entonces, esta asociación de especies y su distribución vertical estarían indicando un ambiente limitado por oxígeno, debido tanto al elevado consumo aeróbico de material orgánico como a la dificultad del agua intersticial para penetrar sedimentos con elevadas proporciones de limo y arcilla. De esta manera, los bajos valores del estimador ALD_{10} encontrados en el grupo, estarían reflejando la limitante establecida por el oxígeno.

Cabe destacar aquí que en todas las estaciones del grupo (excepto BC4) fueron observados foraminíferos muertos con alteraciones de color en la pared (negras). Éstas son debidas a la presencia de pirita (FeS_2), cuya formación se da bajo condiciones reductoras (Maiklem, 1967; Seigle, 1973; Samoylenko & Golovko, 1994), reforzando así la idea de que en las estaciones del grupo el sedimento presentó condiciones hipóxicas.

Contrariamente, en áreas con bajos niveles tróficos, el material orgánico habría sido rápidamente consumido en los estratos superiores del sedimento y la falta de alimento habría inhibido la ocurrencia de especies infaunales profundas (Jorissen et al., 1995; Jorissen, 1999). En este caso la fauna también se habría concentrado en la superficie pero de modo de acceder al poco material orgánico que llega al sistema. Entonces, en ambos extremos de la disponibilidad de alimento sería esperable obtener un perfil de forma similar, con un decaimiento exponencial de la densidad en profundidad. Pero diferenciándose en que la densidad total de individuos en el estrato superior bajo elevadas condiciones tróficas sería mayor y especies típicamente infaunales serían encontradas en superficie.

Si bien, debido a los elevados niveles de PP sobre toda el área estudiada no puede hablarse de perfiles del tipo A por condiciones oligotróficas (Jorissen, 1999), igualmente puede hacerse una distinción entre los perfiles exponenciales de las estaciones que estuvieron sometidas a los menores niveles de PP y Jz y aquellas que estuvieron sometidas a los mayores. La principal diferencia entre las estaciones sometidas a los menores niveles de Jz y las sometidas a los mayores, se encontró en la densidad de individuos totales y particularmente en el primer centímetro.

De esta manera, en GIII fue posible diferenciar las estaciones sometidas a los menores Jz, aquellas encontradas en regiones de menor PP y a mayor profundidad (BC31 y BC38), debido a que presentaron los perfiles exponenciales con la menor densidad de individuos, así como los menores valores del estimador BFHP. A pesar de que presentaron elevados porcentajes de C_{org} en todo el testigo, $> 2.06 \%$, probablemente éste sea más refractario (ya que habría sufrido transporte). Si bien es probable que en

estas estaciones el oxígeno haya actuado como factor limitante de la distribución vertical, los menores flujos orgánicos probablemente hayan influido en los menores BFHP y densidades encontradas en estas estaciones, principalmente en superficie. Por otro lado, en las estaciones del grupo sometidas a los mayores flujos se encontró mayor densidad de individuos en superficie. En este sentido, la estación BC59 presentó la mayor densidad y porcentaje de individuos en el primer centímetro del área, así como uno de los mayores valores de BFHP, evidenciando así los elevados PP y Jz a los que estuvo sometida debido a su ubicación al Sur. Esta estación presentó en superficie una elevada densidad de especies típicamente infaunales, juveniles y adultos, e indicadoras de elevada productividad y de condiciones hipóxicas, como *Uvigerina* spp., infaunal e indicadora de productividad (Martins et al., 2007; Nagai et al., 2009). Además a este género se le considera indicador de la presencia de aguas frías provenientes de la CM (Boltovskoy & Totah, 1985; Eichler et al., 2008). También fueron encontradas especies oportunistas evidenciando el aporte de material lábil, e.g. elevadas densidades de *E. exigua* (Sun et al., 2005; Murray, 2006).

Por otro lado, los parámetros de las funciones exponenciales ajustadas en GIII también reflejaron las diferencias entre las estaciones sometidas a los mayores y menores PP y Jz. Las estaciones BC31 y BC38 presentaron menores valores de la suma de los parámetros $A1 + y0$ (indicador de la densidad en superficie, $z=0$), que la estación BC59 (los valores de la suma son 181, 1145 y 9187 para las estaciones BC31, BC38 y BC59, respectivamente). La velocidad de decaimiento en las funciones (representada por $t1$) también mostró diferencias que indicarían diferencias en el consumo a lo largo de la columna de sedimento. En este caso la estación BC31 si bien fue la que mostró el

mayor valor de t_1 , indicando un decaimiento más rápido de la densidad en profundidad, a partir del sexto centímetro presentó un aumento de la densidad y ajustó a otra función (Gaussiana). Finalmente la estación BC59 presentó un decaimiento más rápido de la densidad en profundidad que BC38 ($t_1=0.526$ y $t_1=0.42$, para BC59 y BC38, respectivamente), indicando un rápido consumo del material orgánico (i.e. en la estación BC59 el C_{org} disminuye a más de la mitad entre el primer y segundo centímetro) así como una probable disminución de los niveles de oxígeno limitando la penetración de la fauna en profundidad.

En cuanto a la estación BC4 ubicada al Norte del área, también se encontró formando parte de GIII, debido a su elevado número de especies (39, en su mayoría indicadoras de hipoxia) y elevada equidad (0.72). Sin embargo, no presentó un perfil clasificado como exponencial sino uno del tipo B, indicando una menor importancia limitante del oxígeno que en el resto de las estaciones del grupo. Este perfil fue probablemente obtenido por los elevados porcentajes de arena (> 54 %, que facilitan la difusión de oxígeno al sedimento en profundidad), explicados por la ubicación Norte de la estación, sobre el talud superior en un área erosiva de elevada energía (Franco-Fraguas et al., *en preparación*). Sobre ella al haber una menor PP superficial y Jz hacia el fondo que en el Sur (debido a la mayor influencia de las aguas oligotróficas de la CB), si bien se encontraron especies oportunistas (e.g. *Epistominella*, *Reophax* y *Bulimina*) éstas no alcanzaron densidades tan elevadas, permitiendo que otras especies alcanzaran una mayor importancia relativa. Adicionalmente debe considerarse que esta estación, fue la única afectada por ACAS sobre el fondo oceánico, con una temperatura (T) de 10.1 °C, mientras que el resto de las estaciones del grupo presentó T menores a 4 °C sobre el

Finalmente, la presencia de sedimentos clasificados como muy pobremente seleccionados en BC4 (https://ecomunidades.petrobras.com.br/LotusQuickr/habitats/PageLibrary832578D003DC05f.nsf/h_Toc/7b7bef1dc9afe65e8325785c00500ae7/?OpenDocument) pueden haber influenciado la elevada diversidad de especies favorecidas por la heterogeneidad del hábitat. En este sentido es conocido que en sedimentos con elevada variabilidad granulométrica existe mayor coexistencia de especies siendo ésta influenciada por procesos locales como partición de recursos. Así *taxa* con diferentes hábitos habrían encontrado su nicho y habrían sido capaces de consumir el C_{org} que llegó al fondo en diferentes profundidades (Levin et al., 2001; Burone et al 2011).

La asociación *E. exigua* (modo R del análisis de cluster) se distribuyó en las estaciones que conformaron el grupo GII de estaciones (BC35, BC50 y BC61, modo Q del análisis de cluster) y estuvo constituida por las especies oportunistas *E. exigua*, *Bulimina* spp. y

Reophax spp., (Fontanier et al., 2003; Sun et al., 2005; Murray, 2006). En este grupo de estaciones fue también identificada la presencia de juveniles de *Bulimina* spp. En este sentido, es conocido que periodos de elevada producción fitoplanctónica son seguidos (luego de un retraso) por un aumento en la biomasa de estas especies (Fontanier et al., 2003; Fontanier et al., 2005). Además, se ha reconocido a *E. exigua* y *Reophax* spp. como los primeros taxa oportunistas en responder a aumentos en las condiciones tróficas (Fontanier et al., 2003), mientras que *Bulimina* también es un género oportunista característico de altos niveles de material orgánico (Murray, 2006). Así, las elevadas densidades de *E. exigua* y de juveniles de *Bulimina* spp. retenidas en el tamiz de 63 μ m en las estaciones del grupo serían la respuesta a períodos de elevada producción fitoplanctónica (*bloom* fitoplanctónico). GII se caracterizó además por presentar los mayores valores de los estimadores ecológicos D_t y D_{63} , ALD_{10} , BFHP y $\overline{H}$.

También se encontraron en el grupo los mayores porcentajes de infauna (> 75 %) junto con los mayores porcentajes de arena. En este sentido, los elevados porcentajes de arena permitirían el pasaje de oxígeno hacia estratos profundos de manera que probablemente éste no haya constituido un factor limitante en la distribución vertical de la fauna, que se habría distribuido a metabolizar el material orgánico en profundidad en un ambiente con elevados niveles tróficos (ya que el grupo estuvo sometido a los mayores niveles de PP, Jz y presentó los mayores valores de las razones Ba/Al y Ba/Ti). De esta manera, diferentes especies habrían encontrado su nicho a distintas profundidades a lo largo de la columna sedimentaria, favoreciendo la coexistencia y contribuyendo a explicar las mayores $\overline{H}$ encontradas en el grupo. En concordancia con

esto, el modelo conceptual TROX (Jorissen et al., 1995) sostiene que el *microhábitat* de los foraminíferos es máximo en profundidad en aquellos ambientes donde la penetración del oxígeno en sedimentos y la disponibilidad de material orgánico metabolizable son máximos en profundidad.

Así, la asociación de foraminíferos fue indicadora de la disponibilidad de fitodetritus fresco (Fontanier et al., 2003; Sun et al., 2005; Murray, 2006) y la profunda distribución vertical de la fauna de la disponibilidad de oxígeno (Jorissen et al., 1995). Por su parte, la presencia de juveniles evidenció la respuesta de la fauna al momento del muestreo. En esas estaciones, (también encontradas juntas en los ACP según los parámetros abióticos) las especies respondieron a la elevada PP y Jz mediante aumentos en sus biomásas.

Los perfiles de distribución vertical de la densidad en GII mostraron máximos subsuperficiales de los tipos C y D, sugiriendo una menor importancia del oxígeno como factor limitante de la distribución vertical de la fauna que en el grupo GIII (Jorissen, 1999; Burone et al., 2011). En este sentido, la competencia por el acceso a partículas de alimento con elevado valor nutricional es un factor importante que causa diferencias en los *microhábitats* ocupados por las especies (Van der Zwaan et al., 1999). Los perfiles del tipo C y D habrían representado estrategias de la microfauna para evitar la competencia y/o predación en ambientes ricos en material orgánico (Jorissen, 1999). La selección activa del microhábitat realizada por los foraminíferos sería entonces una estrategia básica para optimizar la adquisición de alimento. Además las estaciones con este tipo de perfiles presentaron signos de bioturbación. Al remover el sedimento, los organismos pertenecientes a la macrofauna (e.g. poliquetos y

bivalvos) permitieron la entrada de oxígeno en profundidad así como también facilitaron el transporte vertical de foraminíferos. Esta es una manera por la cual organismos típicamente epifaunales pueden ser encontrados en profundidad en estos ambientes (Murray, 2003).

En este sentido el perfil tipo C, observado en la estación BC35 (con un máximo de densidad en el tercer centímetro) estaría representando una estrategia para evitar la predación y competencia con individuos de la macrofauna, que fueron observados en superficie en esta estación (poliquetos, bivalvos y gasterópodos). Por su parte, los perfiles tipo D representaron estrategias para evitar la competencia entre foraminíferos. En estos perfiles se observó un máximo superficial y máximos subsuperficiales. En las estaciones BC50 y BC61 se encontraron elevadas densidades de individuos pertenecientes a varias especies en superficie, mientras que los máximos de densidad en profundidad fueron principalmente debidos a *Bulimina* spp. y a *E. exigua*, mostrando una segregación de hábitat. Estas especies serían capaces de migrar y tolerar las condiciones presentes en profundidad en el sedimento ubicándose allí de modo de disminuir la competencia con una mayor diversidad de especies presentes en superficie.

Es también conocido que las condiciones sedimentarias pueden influir en los *microhábitats* ocupados por los foraminíferos bentónicos y afectar la composición de la fauna. En este sentido, *Reophax* spp. han sido encontrados en regiones arenosas, donde la superficie del sedimento es periódicamente perturbada por corrientes de contorno (Fontanier et al., 2008). Los bajos valores de C_{org} encontrados en las estaciones BC35 y BC61, además de relacionarse al sedimento arenoso y elevada

energía del área, probablemente sean explicados también por el rápido consumo del material lábil al llegar al sedimento, este fenómeno fue sugerido previamente por Burone et al. (2011) y Yamashita (2011).

Finalmente, en cuanto a las elevadas densidades encontradas hasta el décimo centímetro en las estaciones del grupo, debe ser considerado que la técnica de Rosa de Bengala, utilizada para diferenciar organismos vivos de muertos, tiñe también el protoplasma de individuos muertos, los cuales pueden permanecer relativamente bien preservados por un período considerable bajo condiciones anóxicas dentro del sedimento (Corliss & Emerson, 1990). De esta manera la interpretación del estado vivo-muerto de los foraminíferos puede incluir cierto error. Sin embargo ya que en GII el oxígeno no sería un factor limitante, el protoplasma en organismos muertos sería rápidamente degradado, no constituyendo un problema la conservación de organismos muertos.

6.4.3 Asociación *R. sepetibaensis*, GI

Finalmente, la asociación *R. sepetibaensis* (modo R del análisis de cluster) fue encontrada en el grupo GI de estaciones (BC16, BC22 y BC49, modo Q del análisis de cluster) y se caracterizó por estar dominada por la especie *R. sepetibaensis* y presentar una baja equidad (< 0.51). La especie característica del grupo, fue la de mayor abundancia y más amplia distribución espacial en el área estudiada. Sin embargo, no existe al momento información ecológica acerca de ella en la bibliografía. Ha sido encontrada mostrando afinidad por fuentes de carbono comúnmente asociadas con surgencias en el área de Bacia de Campos, Brasil (Sibelle, *com. pers.*).

Si bien, las estaciones pertenecientes a GI compartieron la especie dominante, cada una perteneció a un grupo distinto de los generados a partir del análisis de cluster (realizado tomando en cuenta solamente los estimadores del estado trófico), indicando las diferentes condiciones tróficas a las que estuvieron sometidas (BC16 perteneció a G3, BC49 a G2 y BC22 a G1). De esta manera *R. sepetibaensis* sería una especie ampliamente tolerante a diferentes condiciones ambientales capaz de alcanzar elevadas biomásas bajo diferentes circunstancias. Se registró dominando a diferentes profundidades, en distintos tipos de sedimento (en ambientes de elevada y de baja energía), con diferentes contenidos de C_{org} y bajo distintas condiciones de productividad primaria.

Los perfiles de distribución vertical de la densidad de las estaciones BC16 y BC49 pertenecientes a GI fueron clasificados como exponenciales. Ambas estaciones se ubicaron en áreas clasificadas como erosivas, de alta energía (Franco-Fraguas et al., *en preparación*), lo cual puede haber afectado la distribución de la fauna tanto en superficie como dentro de la columna sedimentaria.

La distribución vertical de la estación BC49, si bien no ajustó exactamente a una exponencial debido a aumentos leves de la densidad en profundidad (< 22 % de la densidad superficial), fue clasificada como tal ya que de los perfiles descritos por Jorissen (1999), el exponencial fue el más semejante. Sin embargo podría haber sido clasificado también como un perfil del tipo D (Jorissen, 1999) debido a la presencia de máximos subsuperficiales. Los primeros estratos de la columna sedimentaria (primeros 3 cm) estuvieron dominados por *R. sepetibaensis*. Pero en profundidad (centímetros 4, 6 y 8) los aumentos de densidad registrados se correspondieron con *E. exigua*, quien

se distribuyó siguiendo picos en la distribución del C_{org} en esta estación. Debido a su ubicación al Sur estuvo sometida a alta PP superficial, además por estar compuesta de sedimento arenoso (que habría facilitado la entrada de oxígeno al sedimento en profundidad), se vió favorecida la distribución de *E. exigua* en profundidad disminuyendo la competencia con los foraminíferos en los estratos superiores. Así, la presencia de *E. exigua* determinó elevados valores del estimador BFHP (80.75), indicando la disponibilidad de material orgánico lábil (Martins et al., 2007).

Por su parte, en la estación BC22 las condiciones hidrodinámicas y sedimentarias dentro del cañón 1 probablemente hayan influido en la asociación faunística y distribución vertical encontradas (Maurer et al., 1994; Mann & Lazier, 1996; Kämpf, 2005; Schmiedl et al., 2000; Duineveld et al, 2001; Kämpf, 2007). En este sentido, es importante destacar la influencia de la morfología del fondo en la estructura comunitaria. La influencia de los cañones sobre la microfauna viva ha sido demostrada por Schmiedl et al. (2000) y Fontanier et al. (2005), quienes constataron diferencias en densidad y diversidad de foraminíferos en regiones del océano abierto y de cañones.

En este trabajo fue constatada una distribución faunística particular dentro del cañón 1. Esta estación fue la que presentó dentro de las especies calcáreas, el menor porcentaje de foraminíferos indicadores de elevada productividad (BFHP= 8.19), esto junto con los bajos valores de Jz y elevados porcentajes de C_{org} y razón C/N permite inferir que al menos parte del material orgánico en la estación sería refractario y no metabolizable por las especies típicas de elevados flujos de material lábil.

Con respecto a la distribución vertical encontrada en esta estación, el perfil fue clasificado como tipo D (Jorissen, 1999), con un máximo de densidad superficial y varios máximos subsuperficiales. En superficie, se encontró dominando el género *Rutherfordoides* spp., género típicamente infaunal e indicador de un ambiente hipóxico (Kaiho, 1994). Además fue observada la presencia de caparazones de foraminíferos muertos con la pared piritizada, indicando un ambiente reductor. De esta manera, el oxígeno habría actuado como factor limitante de la distribución vertical de la fauna. Allí, el carbono podría haber sido aprovechado por unos pocos taxa especializados, explicando la baja riqueza y elevada dominancia encontradas. Los máximos de densidad observados en profundidad fueron debidos a la especie característica de GI (*R. sepetibaensis*) quien probablemente se haya distribuido de esa manera de modo de disminuir la competencia con *Rutherfordoides* spp. y estaría mostrando además tolerancia frente a condiciones hipóxicas así como cierta capacidad para consumir material orgánico refractario.

6.5 Escalonamiento Multidimensional no paramétrico (nMDS)

El nMDS realizado tomando en cuenta tanto parámetros ecológicos como abióticos, separó las estaciones de manera similar al ACP. Las estaciones ubicadas al Sur con las mayores PP y Jz, presentaron también las mayores densidades totales (y registraron la presencia de juveniles), así como también la mayor densidad de especies indicadoras de elevada productividad y una distribución profunda en el sedimento, evidenciando la respuesta de la fauna frente a los elevados flujos de material orgánico. Mientras que el Centro-Norte presentó mayores valores de C_{org} , de la razón C/N y menores valores de PP y Jz, junto con una menor densidad total y de especies

indicadoras de elevada productividad, pero con una mayor densidad de individuos de la especie *R. sepetibaensis*. Así, en las estaciones con menores flujos orgánicos pero con elevados contenidos de C_{org} , la respuesta de la fauna se evidenció en una menor densidad de organismos y una dominancia de *taxa* más tolerantes a condiciones de hipoxia y capaces de consumir material orgánico más refractario (que habría sufrido transporte y con aportes terrígenos).

6.6 Distribución vertical de las especies dominantes

La especie *Epistominella exigua* es reconocida en la bibliografía como una especie epifaunal (Murray, 2006), sin embargo en este trabajo se encontró principalmente como infauna intermedia y profunda. En este sentido, los perfiles de distribución vertical de la especie fueron en su mayoría de los tipos C y D (Jorissen, 1999) en las estaciones en que fue registrada, alcanzando su máxima densidad en profundidad en las estaciones arenosas al Sur del área (BC35, BC49, BC50, BC61). En la estación BC59 por su parte, presentó su máxima densidad en superficie donde dominaron los sedimentos finos. Sin embargo, mostró un segundo máximo de densidad (de menor amplitud) en el centímetro 9 donde dominaron sedimentos gruesos.

Este comportamiento diferenciado puede responder a que en aquellos ambientes con elevados Jz y sedimentos arenosos (donde probablemente el oxígeno no actuó como factor limitante de la distribución vertical), *E. exigua* preferiría las condiciones presentes en profundidad, evitando así la competencia con individuos de otras especies en los estratos más superficiales. Por otro lado en aquellos ambientes con dominancia de sedimentos finos (y probablemente con baja disponibilidad de oxígeno dentro del

sedimento) la especie efectivamente preferiría las condiciones presentes en superficie, tal como es reconocido en la literatura (Goody, 1993; Sun et al., 2005; Murray, 2006).

En cuanto a la distribución vertical del *Bulimina* spp., reconocida como típicamente infaunal (Fontanier et al., 2002; Murray, 2006), se observó que en las estaciones con sedimentos principalmente arenosos y sometidos a elevados niveles de Jz el género se encontró efectivamente formando parte de la infauna. Pero, en las estaciones con dominancia de sedimentos de grano fino se encontró principalmente como epifauna. Por otro lado, en la estación BC4 donde se constató un sedimento con dominancia de arena, pero también elevadas proporciones de limo, se encontró una densidad similar del género en los primeros 3 centímetros. Así, la posición del género *Bulimina* en el sedimento para el área estudiada, ha demostrado ser variable y dependiente de la disponibilidad de oxígeno, mientras que la abundancia total del género estuvo directamente relacionada al Jz que alcanzó el fondo.

Finalmente, en cuanto a la distribución vertical de la especie *R. sepetibaensis*, hasta donde se sabe este trabajo presenta la primer descripción de su distribución vertical en la columna sedimentaria. La misma fue variable en función de la estación, aunque en general presentó individuos en los 4 *microhábitats* analizados (epifauna, infauna intermedia, infauna somera e infauna profunda). Se registraron decaimientos clasificados como exponenciales de la densidad en profundidad (Jorissen, 1999) en aquellas estaciones con predominancia de sedimentos gruesos (e.g. BC49 y BC16), mientras que dentro del cañón 1 presentó un perfil del tipo C, con varios máximos subsuperficiales.

Una posible explicación a los perfiles de distribución vertical de *R. sepetibaensis* podría ser que en ambientes con elevados contenidos de C_{org} , esta especie sea capaz de alimentarse de *stocks* bacterianos que metabolicen la materia orgánica utilizando distintos oxidantes a distintas profundidades en sedimentos hipóxicos. Así sus máximos de distribución subsuperficiales seguirían los máximos de densidad bacterianas. En este sentido ha sido observado que el C_{org} presente dentro de la columna sedimentaria, en ambientes de cañones sometidos a hipoxia, sería degradado por *stocks* de bacterias organoheterótrofas disaeróbicas y anaeróbicas (Fenchel & Finlay, 1995; Fontanier et al., 2005; Duchemin et al., 2005). La conversión de la materia orgánica más o menos refractaria en biomasa bacteriana generaría nuevos nichos ecológicos para poblaciones de foraminíferos tolerantes a condiciones de hipoxia capaces de alimentarse directamente de las bacterias o de sus productos metabólicos (Bernhard, 1993, 1996; Bernhard & Sen Gupta, 1999; Duchemin et al., 2005).

6.7 Consideraciones finales

A partir de los análisis oceanográficos, sedimentológicos, geoquímicos y faunísticos realizados fue posible identificar diferencias ambientales sobre el área estudiada que se representaron en los ACP, Cluster y nMDS. En este sentido, fue posible establecer diferencias entre la zona Sur (Al Sur del cañón 2), la zona central (entre los cañones 1 y 2) y Norte (al Norte del cañón 1), así como en plataforma externa, talud superior y talud medio.

Desde el punto de vista oceanográfico, en superficie la zona Sur se caracterizó por presentar frentes termohalinos debidos al encuentro de masas aguas transportadas por

CB, CM y aguas costeras, determinando que las mayores PP fueran obtenidos al Sur y sobre el quiebre de la plataforma, siguiendo al frente termohalino en sub-superficie. El Norte se caracterizó por la dominancia de la CB para el período inmediatamente anterior al muestreo. De esta manera la ubicación de las masas de agua sobre el área de estudio, determinó diferencias en el ambiente bentónico que influyeron en la composición faunística.

Así, al Sur del área, las estaciones se caracterizaron por presentar elevados valores de PP y Jz, así como por las mayores densidades totales y de especies oportunistas. Se diferenció la zona de plataforma externa y talud superior (BC61, BC50, y BC35) por presentar los mayores valores de flujo orgánico, de las relaciones Ba/Ti y Ba/Al, sedimento arenoso y una asociación de especies característica de elevada PP, distribuida en profundidad en el sedimento.

Por su parte, las características faunísticas de las estaciones sobre el talud medio BC48 y BC59 estuvieron determinadas por la presencia de cañones en su cercanía, presentando perfiles exponenciales de densidad debido a una probable limitante establecida por la distribución vertical del oxígeno, pero diferenciándose en la densidad total, ya que BC59 estuvo sometida a mayores Jz y presentó una mayor D_t , mientras que BC48 por ubicarse a mayor profundidad presentó menor Jz y D_t .

La zona intermedia del área (BC22, BC31 y BC38) fue separada del Sur por presentar menores valores de PP y Jz, por estar influenciada por los cañones en el aporte sedimentario y por ubicarse en el talud medio en una zona de menor energía (Franco-

Fraguas et al., *en preparación*), presentando elevados porcentajes de C_{org} , Nt y de los mayores de $CaCO_3$, así como por estar dominada por especies aglutinantes.

Por su parte, la zona Norte del área, representada por las estaciones BC16 y BC4, presentó bajos niveles de PP y Jz, mayores porcentajes de arena que la zona central, debido a su ubicación en el talud superior en un área erosiva o de no depósito (Franco-Fraguas et al., *en preparación*) y valores de C_{org} similares. Sin embargo las características faunísticas fueron diferentes ya que BC16 estuvo dominada por *R. sepetibaensis* y BC4 por varias especies. En este sentido, las diferentes masas de agua que afectaron las estaciones sobre el fondo (ACAS sobre BC4 y ASA sobre BC16) presentaron diferencias principalmente térmicas (10.1 °C sobre BC4 y 4.9 °C sobre BC16) que habrían influido en la composición de la fauna (Schönfeld, 1997; Murray, 2006; Sousa et al., 2006; Eichler et al., 2008). Sería posible que a *R. sepetibaensis* (dominante en BC16) le sean favorables menores T para su crecimiento y reproducción, motivo por el cual no habría alcanzado elevadas densidades en BC4, permitiendo la proliferación de especies calcáreas. Una posible explicación sería que a menor temperatura aumenta la disolución del $CaCO_3$, favoreciendo así la presencia de foraminíferos aglutinantes en BC16 (Murray, 2006).

Debe ser considerado que esta caracterización ambiental fue realizada en base a un esfuerzo desigual de muestreo. Es decir, las estaciones analizadas estuvieron desigualmente distribuidas en cada una de las regiones diferenciadas. Al Sur fueron analizadas estaciones en plataforma externa, talud superior y medio. En la zona central se analizaron estaciones solamente sobre el talud medio, mientras que al Norte solamente sobre el talud superior.

Los procesos sobre las zonas Sur, central y Norte del área son diferentes sobre el talud superior y medio de cada una, debido a las condiciones oceanográficas a las que están sometidas (Franco-Fraguas et al., *en preparación*). El talud superior se encontró dominado por ASA al Sur y ACAS al Norte, mientras que el talud medio estuvo dominado por AAI en toda el área. De esta manera los flujos de las masas de agua así como sus interfases determinaron diferentes características energéticas sobre las diferentes regiones del fondo que afectaron la composición de la fauna de foraminíferos. Si bien se encontraron diferencias en los sedimentos y en la fauna indicativas de ello, para una caracterización más completa de los procesos actuantes deberían ser analizadas un mayor número de estaciones cubriendo mayor parte del área.

Finalmente, debe considerarse también que los procesos físicos actuantes presentan una elevada variabilidad espacial y temporal (Pisciottano et al., 1994; Guerrero et al., 1996; Depetris et al., 1996; Díaz et al., 1998; Cazes-Boezio et al., 2003; Tomczak & Godfrey, 2003; Ortega & Martinez, 2007). Las corrientes y su energía varían espacialmente sobre el área durante el año y entre años (Tomczak & Godfrey, 2003), determinando así una variabilidad espacial y temporal en la PP superficial y en los parámetros que afectan el ambiente bentónico (Jz, energía, y distribución microfaunística). De esta manera, probablemente los ambientes distinguidos dentro del área y sus características sean diferentes dependiendo del momento de muestreo.

7. CONCLUSIONES

El área estudiada resultó ser un área con elevados niveles tróficos, de acuerdo a las estimaciones de PP y Jz, durante todo el año y particularmente durante los meses anteriores al período de estudio, en que se vio sometida a pulsos anómalos de Jz hacia el fondo debido a la elevada descarga del Río de la Plata por las condiciones de ENSO y presencia de frentes termohalinos.

El material orgánico sobre el área de estudio fue predominantemente de origen marino de acuerdo a los estimadores utilizados, con baja contribución de aportes terrígenos de acuerdo a la razón C/N y elementos Al y Ti en las estaciones ubicadas en la zona central y Norte del área. Además pudo inferirse que fue en su mayoría lábil, debido a los elevados Jz, composición faunística oportunista y característica de elevado contenido de material lábil. En la zona central del área y dentro de los cañones probablemente el material orgánico haya sido transportado por las corrientes de fondo (según los bajos niveles de Jz junto a elevados niveles de C_{org}) y haya sido más refractario.

Fueron identificadas 79 especies de foraminíferos en la zona estudiada. Este fue el primer trabajo que identificó las especies de foraminíferos bentónicos presentes en el quiebre de plataforma y talud continental uruguayo.

Se encontraron elevadas densidades de especies reconocidas como oportunistas e indicadoras de elevados Jz (*Epistominella exigua*, *Bulimina* spp., *Reophax* spp.), también fueron encontradas especies indicadoras de condiciones hipóxicas (*Nonionella*

spp., *Rutherfordoides* spp., *Globobulimina turgida*, *Stainforthia complanata*). Finalmente, si bien la especie más abundante y ampliamente distribuida no poseía una descripción ecológica en la bibliografía, a partir de su distribución en el área, en la columna sedimentaria y su relación con los parámetros ambientales, puede considerarse a *Rhumblarella sepetibaensis* como una especie indicadora de elevada productividad marina y tolerante a condiciones de hipoxia.

La cantidad de perfiles de distribución vertical de la densidad de foraminíferos de tipos B, C y D fueron concordantes con las elevadas estimaciones de PP y Jz, además permitieron inferir que el oxígeno no fue un factor limitante de la distribución vertical de la fauna en las estaciones de grano grueso, así como la tolerancia de algunas especies a condiciones de hipoxia en las estaciones de grano fino. Por otro lado, los perfiles exponenciales encontrados en estaciones con dominancia de sedimentos finos, permitieron inferir una limitante en la distribución vertical de la fauna establecida por la distribución vertical del oxígeno.

Al correlacionarse positivamente el porcentaje de especies calcáreas indicadoras de elevada productividad (BFHP) con las estimaciones de PP y Jz, fue corroborada la aplicación de este estimador como *proxy* de productividad en sistema marino y consecuentemente reforzado su uso para estudios paleoceanográficos. Esta puede ser considerada una primera calibración de este *proxy* para la región del Atlántico Sudoccidental.(converegencia CB-CM).

El estimador ALD₁₀ (normalmente utilizado como indicador del estado trófico del sistema), no resultó un indicador directo del estado en este sistema. Elevados valores

del mismo indicaron disponibilidad de alimento (ya sea por contenido de C_{org} en sedimentos, elevados J_z o ambos). Sin embargo bajos valores no necesariamente indicaron menores niveles tróficos, en este trabajo también indicaron un ambiente limitado por oxígeno. Este estimador debería utilizarse junto con la D_t para diferenciar condiciones de mayor y menor nivel trófico cuando la fauna se distribuye principalmente en superficie.

A partir de las estimaciones de PP y J_z , de los parámetros abióticos medidos y de su relación con los datos microfaunísticos, fue posible obtener una visión general acerca del estado trófico del área y concluir que el área estudiada es un área de elevada productividad biológica. Además fue posible inferir que los principales parámetros controladores en la composición específica, densidad y distribución vertical de los foraminíferos serían las condiciones hidrodinámicas locales (que se ven influenciadas por la geomorfología del fondo en el caso de los cañones submarinos). Éstas determinan diferencias en la PP de acuerdo a la ubicación de las masas de agua y sus frentes en superficie. En profundidad, de acuerdo a la intensidad de las corrientes, determinan diferencias en la energía del ambiente bentónico. De esta manera controlarían también la sedimentación de C_{org} así como el tamaño de grano, que influye en la disponibilidad de oxígeno dentro de los sedimentos.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altenbach, A. V., 1985. Die Biomasse der benthischen Foraminiferen. Auswertungen von "Meteor"-Expedition im östlichen 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.
- Altenbach, A. V., Struck, U., 2001. On the coherence of organic carbon flux and benthic foraminiferal biomass. *J. Foraminiferal Res.*, 31, 79-85.
- Antoine, D., Morel, A., 1996. Oceanic primary production 2. Adaptation of a spectral light-photosynthesis model in view of application to satellite chlorophyll observations. *Global Biogeochemical Cycles* 10:43–55.
- Arz, H.W., Pätzold, J., Wefer, G. Correlated millennial-scale changes in surface hydrography and terrestrial sediment yield inferred from last-glacial marine deposits off northeastern Brazil. *Quaternary Research*. 1998; 50: 157-166.
- Ayup-Zouain, R. N., Fachel, J. M. G., Corrêa, I. C. S., Toldo Jr., E. E., Wolff, I. M., Weschenfelder, J., Oliveira, F. M., 1994. Pesquisas. Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil, v. 21, n. 1, p. 17-33.
- Ayup-Zouain, R. N. 2006. Evolución paleogeográfica y dispersión de los sedimentos del Río de la Plata. En Menafrá, R.; Rodríguez-Gallego, L.; Scarabino, F.; Conde, D. (eds.). "Bases para la conservación y el manejo de la costa uruguaya". 668p Vida Silvestre Uruguay, Montevideo.
- Behrenfeld M.J & Falkowski P.G., 1997. Photosynthetic rates derived from satellite-based chlorophyll concentration. *Limnology and Oceanography* 42(1):1-20.
- Behrenfeld, M.J., Randerson, J.T., McClain, C.R., Feldman, G.C., Los, S.O., Tucker, C.J., Falkowski, P.G., Gield, C.B., Frouin, R., Esaias, W.E., Kolber, D.D., Pollack, N.H., 2001. Biospheric primary production during an ENSO transition. *Science* 291:2594-2597.

- Bender, V. B., 2012. From shelf dynamics to shelf exports: Evidence from sedimentologic and paleoceanographic slope records. Tesis de Doctorado, Universidad de Bremen 134p.
- Bernard, J. M., Bowser, S. S., 1992 Bacterial biofilms as a trophic resource for certain benthic foraminifera. *Marine Ecology Progress Series* 83:263-272.
- Bernhard, J.M., 1996. Microaerophilic and facultative anaerobic benthic foraminifera: a review of experimental and ultrastructural evidence. *Revue de Paleobiologie* 15:261-275.
- 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.
- Bernhard, J.M., 2003. Potential symbionts in bathyal foraminifera. *Science (Washington)* 299 (5608), 861.
- Betzer, P. R., Showers, W. J., Laws, E. A., Winn, C. D., DiTullio G. R., Kroopnick, P. M., 1984. Primary productivity and particle fluxes on a transect of the equator at 153°W in the Pacific Ocean. *Deep Sea Research* 31(1):1-11.
- Biscaye, P. E., Anderson, R. F., 1994. Fluxes of particulate matter on the slope of the southern Middle Atlantic Bight: SEEP-II. *Deep-Sea Research II*, 41: 459-509.
- Boebel, O., Schmid, C., Podestá G., Zenk, W., 1999. Intermediate water in the Brazil-Malvinas Confluence Zone: A Lagrangian view. *Journal of Geophysical Research* 104(C9):21,063-21,082.
- 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: R.A. Hedley and C.G. Adams (Editors), *Foraminifera*. Academic Press, London, Vol. 2, pp. 171-236.
- Boltovskoy E., Giussani G., Watanabe, S. Wright, R., 1980. *Atlas of Benthic Shelf Foraminífera of the southwest Atlantic*. Dr. W. Junk by Publisher The Hague Boston London, 147 p.
- Boyd, P. W., Trull, T. W., 2007. Understanding the export of biogenic particles in oceanic waters: Is there consensus? *Progress in Oceanography* 72:276-312.
- Bozzano, G., Violante, R. A., Cerrudo, M. E. 2011. Middle slope contourite deposits and associated sedimentary facies off NE Argentina. *Geo-Marine Letters* 31:495-507.
- Bradshaw, J. S., 1955. Preliminary laboratory experiments on ecology of foraminiferal populations. *Micropaleontology* 1(4):351-358.

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.

Burke, S.C., Berger, W.H., Coulbourn, W.T., Vincent, E., 1993. Benthic foraminifera in Box Core ERDC 112, Ontong Java Plateau. *Journal of Foraminiferal Research* 23: 19-39.

Burone, L., Venturini, N., Sprechman, P., Valente, P., & Muniz, P., 2006. Foraminiferal responses to polluted sediments in the Montevideo coastal zone, Uruguay. *Marine Pollution Bulletin* 52: 61-73.

Burone, L., Pires-Vanin A. M. S., 2006. Foraminiferal assemblages in the Ubatuba Bay. Southeastern Brazilian coast. *Sci. Mar.* 70(2):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.* DOI 10.1007/s00227-010-1549-7.

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*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.csr.2013.01.003i>.

Carney, R. S., 1989. Examining relationships between organic carbon flux and deep-sea deposit feeding. In Lopez, G., Taghon, G., Levinton, J (Eds.). *Ecology of Marine Deposit Feeders. Lecture Notes on Coastal and Estuaries Studies*, vol. 31. Springer, Berlin pp 24-58.

Carr, M. E., Friedrichs, M. A. M., Schmeltz, M., Aite', M. N., Antoine, D., Arrigo, K. R., Asanuma, I., Aumont, O., Barber, R., Behrenfeld, M., Bidigare, R., Buitenhuis, E., Campbell, J., Ciotti, A., Dierssen H., Dowell, M., Dunne, J., Esaias, W., Gentili, B., Groom, S., Hoepffner, N., Hishisaka, J., Kameda, T., Le Quéré, C., Lohrenz, S., Marra, J., Mélin, F., Moore, K., Morel, A., Reddy, T., Ryan, J., Scardi, M., Smyth, T, Turpie, K, Tilstone, G., Waters, K., Yamanaka, Y., 2005. A comparison of global estimates of marine primary production from ocean color. *Deep-Sea Res II* 53:741–770.

Carranza, A., Muñoz, A., Kitahara, M., Scarabino, F., Ortega, L., López, G., Franco-Fraguas, G., de Mello, C., Acosta, J., Fontán, A., 2012. Deep-water coral reefs from the Uruguayan outer shelf and slope. *Marine Biodiversity* 42(3):411-414.

Cazes-Boezio, G.; Robertson, A. W. & Mechoso, C. R., 2003. Seasonal dependence of ENSO teleconnections over South America and relationships with precipitation in Uruguay. *Journal of Climate*, 16(8):1159–1176.

Centurión, V., 2011. Influencia de agentes naturales y antropogénicos en la Bahía de Montevideo y su zona costera adyacente en base a asociaciones y tafonomía de foraminíferos. Tesis presentada como parte de los requisitos para obtener el título de Magister en Ciencias Biológicas, UdelaR, Montevideo, 97p.

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.

Chiessi, C. M., Ulrich S., Mulitza S., Pätzold J., Wefer G. 2007. Signature of the Brasil-Malvinas confluence (Argentina basin) in the isotopic composition of planktonic foraminifera from surface sediments. *Marine Micropaleontology* 64:52-66.

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.

Cirano, M.; Mata, M. M., Campos, J. D. E, Deiró, N. F. R., 2006. A circulação oceânica de larga escala na região oeste do Atlântico Sul com base no modelo de circulação global OCCAM. *Revista Brasileira de Geofísica* 24(2): 209-230.

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., 1979. Recent deep-sea benthonic foraminifera distributions in the southeast Indian Ocean: inferred bottomwater routes and ecological implications. *Marine Geology* 31: 115-138.

Corliss, B., 1985. Microhabitats of benthic foraminifera within deep-sea sediments. *Nature* 314: 435-438.

Corliss, B., Emerson, S., 1990. Distribution of Rose Bengal stained deep-sea benthic foraminifera from the Nova Scotian continental margin and Gulf of Maine. *Deep-Sea Res.* 37 (3): 381-400.

Corliss B., 1991. Morphology and microhabitat preferences of benthic foraminifera from the northwest Atlantic Ocean. *Mar. Micropaleontol.* 17:195-236.

Clark, D. K., Sherman, J. W., 1986. Nimbus-7 Coastal Zone Color Scanner: ocean color applications. *MTS Journal* 20(2):43-56.

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.

den Dulk, M., Reichart, G. J., van Heyst, S., Zachariasse, W. J., Van der Zwaan, G. J., 2000. Benthic foraminifera as proxies of organic matter flux and bottom water oxygenation? A case history from northern Arabian Sea. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology* 161:337-359.

Depetris, P. J., S. Kempe, M. Latif, and W. G. Mook (1996), ENSO controlled flooding in the Paraná River (1904– 1991), *Naturwissenschaften*, 83: 127–129.

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.

Deuser, W.G., Ross, E.H., 1980. Seasonal change in the flux of organic carbon to the deep Sargasso Sea. *Nature* 83:364-365.

de Madron, D. X., Castaing, P., Nyffeler, F., Courp, T., 1999. Slope transport of suspended particulate matter on the Aquitanian margin of the Bay of Biscay. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 46 (10), 2003–2027.

Díaz, A. F.; Studzinski, C. D. & Mechoso, C. R., 1998. Relationships between precipitation anomalies in Uruguay and southern Brazil and sea surface temperature in the Pacific and Atlantic oceans. *Journal of Climate*, 11(2), 251–271.

Duchemin, G., Jorissen, J., Andreux-Loyer, F., Le Loch', F., Hily, C., Philippon, X. 2005. Living benthic foraminifera from “La grande vase” French Atlantic continental shelf: Faunal composition and micro-habitats. *Journal of Foraminiferal Research*, 35(3):198–218.

Duineveld, G., Lavaleye, M., Berghuis, E., de Wilde, P., 2001. Activity and composition of the benthic fauna in the Whittard Canyon and the adjacent continental slope (NE Atlantic). *Oceanologica Acta* 24, 69–83.

Dymond, J., E. Suess, and M. Lyle (1992), Barium in Deep-Sea Sediment: A Geochemical Proxy for Paleoproductivity. *Paleoceanography* 7(2): 163–181.

Eichler, P. P. B., Sen Gupta, B.K., Eichler, B.B., Braga, E.S., Campos, E.J., 2008. Benthic foraminiferal assemblages of the South Brazil: Relationship to water mass and nutrient distribution. *Continental Shelf Research* 28:1674-1686.

Enge, A. J., Kucera, M. & Heinz, P., 2012. Diversity and microhabitats of living benthic foraminifera in the abyssal Northeast Pacific. *Marine Micropaleontology* 96:84-104.

Estrada, M., Marrasé, C., 1987. Phytoplankton biomass and productivity off the Namibian. *South African Journal of Marine Science* 5(1):347-356..

- Falkowski, P.G., Biscaye, P. E., Sancetta, C., 1994. The lateral flux of biogenic particles from the eastern North American continental margin to the North Atlantic Ocean. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 41(2–3): 583–601.
- Fariduddin, M., Loubere, P., 1997. The surface ocean productivity response of deeper water benthic foraminifera in the Atlantic Ocean. *Marine Micropaleontology* 32:289-310.
- Fenchel, T. M., Finlay, B. J., 1995. *Ecology and Evolution in Anoxic Worlds*. Oxford University Press, Oxford 276p.
- Field, C., Behrenfeld, M., Randerson, J., Falkowski, P., 1998. Primary production of the biosphere: integrating terrestrial and oceanic components. *Science* 281(5374): 237–240.
- Fischer, G., Wefer, G., 2000. Organic carbon fluxes in the Atlantic and the Southern Ocean: relationship to primary production compiled from satellite radiometer data. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 47(9–11): 1961–1997.
- Fontanier, C., Jorissen, F. J., 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 I* 49:751-785.
- 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.
- Fontanier, C., Jorissen, J., Chaillou, G., Anschutz, P., Grémare, A. & Griveaud, C., 2005. Live foraminiferal faunas from a 2800m deep lower canyon station from the Bay of Biscay: Faunal response to focusing of refractory organic matter. *Deep-sea Research I* 52:1189-1227.
- Fontanier, C., Jorissen, F. J., Lansard, B., Mouret, A., Buscail, R., Schmidt, S., Kerhervé, P., Buron, F., Zaragosi, S., Hunault, G., Ernoult, E., Artero, C., Anschutz, P., Rabouille, C., 2008. Live foraminifera from the open slope between Grand Rhone and Petit Rhone Canyons (Gulf of Lions NW Mediterranean). *Deep Sea Research I* v.55, p 1532-1553.
- Franco-Fraguas, P., Burone L., de Mello C., Mahiques M., Muñoz A., Ortega L., Marín Y., Grupo Miguel Oliver. 2011. Caracterización ambiental del margen continental entre 200 y 1000m: un enfoque multiproxy- Resultados preliminares. XIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário ABEQUA. III Encontro do Quaternário Sulamericano. XIII ABEQUA Congress The South American Quaternary: Challenges and Perspectives, Brasil.
- Frederiksen, R., Jensen, A., Westerberg, H., 1992. The distribution of the scleractinian coral *Lophelia pertusa* around the Faroe Islands and the relation to internal tidal mixing. *Sarsia* 77:157-171.

- 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.
- Gingele, F. X., Dahmke, A., 1994. Discrete barite particles and barium as tracers of paleoproductivity in South Atlantic sediments. *Paleoceanography* 9:151-168.
- Gwilliam, C. S., 1996. Modeling of the global ocean circulation on the T3D. En *Parallel Computational Fluid Dynamic*. Eds Ecer, A., Perlaux, J., Satdfuka, N., Taylor, S., pp: 33 -40. Elsevier, Amsterdam.
- Gaudin, M., Berné, S., Jounneau, J. M., Palanques, A., Puig, P., Mulder, T., Cirac, P., Rabineau, M., Imbert, P., 2006. Massive sand beds attributed to deposition by dense water cascades in the Bourcart canyon head, Gulf of Lions (northwestern Mediterranean Sea). *Marine Geology* 234 (1–4), 111–128.
- Garzoli, 1992. Geostrophic velocity and transport variability in the Brazil Malvinas Confluence. *Deep Sea Research* 40:1979-1403.
- Guerrero, R. A., Acha, E. M, Mariana, B. F., Lasta, C. A., 1996. Physical oceanography of the Rio de la Plata Estuary, Argentina. *Continental Shelf Research* 17(7):727-742.
- 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.
- Guo, L., Santschi, P. H., Warnken, K. W., 1995. Dynamics of dissolved organic carbon (DOC) in oceanic environments. *Limnology and Oceanography* 40(8):1392-1403.
- Goldstein, S., T. 1999. Foraminifera: A biological overview. In: Barun K. Sen Gupta (ed), *Modern Foraminifera*. Kluwer Academic Publisher, Great Britain, 37-55.
- Gooday, A.J., 1988. A response by benthic foraminifera to the deposition of phytodetritus in the deep sea. *Nature* 332: 70–73.
- Gooday, A.J., Turley, C.M., 1990. Response by benthic organisms to inputs of organic material to the ocean floor: a review. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A* 331: 119-138.

- Gooday, A., Levin, L., Linke, P. & Heeger, T., 1992. The role of benthic foraminifera in deep sea food chains and carbon cycling. In: Rowe, G., Patience, V. (Eds). Deep sea food webs and carbon cycle. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands pp. 63-91.
- Gooday, A., 1993. Deep-Sea benthic foraminifera species which exploit phytodetritus: characteristic features and controls on distribution. *Marine Micropaleontology* 22:187-205.
- Gordon, A. L., 1981. South Atlantic thermocline ventilation, *Deep Sea Res.* 28:1239-1264.
- Gordon A. L., Greengrove, C. L., 1986. Geostrophic circulation of the Brazil-Falkland Confluence. *Deep-Sea Research* 33:573-585.
- Gregg, W. W., Conkright, M. E., Ginoux, P., O'Reilly, J. E., Casey, N. W., 2003. Ocean primary production and climate: global decadal changes. *Geophysical Research Letters* 30, 1809.
- 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*. 1–13 (DOI:10.1177/0959683610365936).
- Harolff, J., Mackensen, A. 1997. Recent benthic foraminiferal associations and ecology of the Scotia Sea and Argentine Basin. *Marine Micropaleontology* 31: 1-29.
- Heinz, P., Kitazato, H., Schmiedl, G., Hemblen, C., 2001. Response of deep-sea benthic foraminifera from the Mediterranean sea to simulated phytoplankton pulses under laboratory conditions. *Journal of Foraminiferal Research* 31(3): 210-227.
- 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., 1992. Deep-sea benthic foraminifera and biogenic opal: glacial to postglacial productivity changes in the western equatorial Pacific. *Marine Micropaleontology* 19, 79–98.
- 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(6): 507-510.
- Hernández-Molina, F. J., Preu, B., Violante, R. A., Piola, A. R., Paterlini, C. M. 2011. Las terrazas contorníticas en el margen continental Argentino: implicaciones morfosedimentarias y oceanográficas. *Geogaceta* 50(2): 145-148.
- Hess, S., Jorissen, F.J., Venet, V., Abu-Zied, R., 2005. Benthic foraminiferal recovery after recent turbidite deposition in Cap Breton canyon, Bay of Biscay. *Journal of Foraminiferal Research* 35 (2), 114–129.

- Heussner, S., Durrieu de Madron, X., Radakovitch, O., Beaufort, L., Biscaye, P.E., Carbonne, J., Delsaut, N., Etcheber, H., Monaco, A., 1999. Spatial and temporal patterns of downward particle fluxes on the continental slope of the Bay of Biscay (northeastern Atlantic). *Deep-Sea Research II* 46, 2101–2146.
- Honjo, S., 1982. Seasonality and interaction of biogenic and lithogenic particular flux at the Panama basin. *Science* 218:883-884.
- Hooker, S. K., Whitehead, H., Gowans, S., 1999. Marine protected area design and the spatial and temporal distribution of cetaceans in a submarine canyon. *Conservation Biology* 13(3):592–602.
- Hovland, M.; Judd, A.G., 1988. Seabed Pockmarks and Seepages. Impact on Geology, Biology and the Marine Environment. Graham & Trotman Ltd., London., 293 p.
- Howard, K. L., Yoder, J. A., 1997. Contribution of the subtropical oceans to global primary production. In: Liu, C.-T. (Ed.), *Space Remote Sensing of Subtropical Oceans*. vol. COSPAR Colloquia Series, vol. 8. Proceedings of COSPAR Colloquium on Space Remote Sensing of Subtropical Oceans, Taiwan. Pergamon, New York, pp. 157–168.
- Hsu, S.K., Kuo, J., Lo, C.L., Tsai, C.H., Doo, W.B., Ku, C.Y., Jean-Claude Sibuet, J.C., 2008. Turbidity currents, submarine landslides and the 2006 Pingtung earthquake off SW Taiwan. *Terrestrial, Atmospheric and Ocean Sciences* 19(6):767–772.
- Inthorn, M., Wagner, T., Scheeder, G., Zabel, M. 2006. Lateral transport controls distribution, quality and burial of organic matter along continental slopes in high productivity areas. *Geology* 34(3):205-208.
- Iriarte, J. L., González, H. E., 2004. Phytoplankton size structure during and after the 1997/98 El Niño in a coastal upwelling area of the northern Humboldt Current System. *Marine ecology* 269:83-90.
- Jahnke, A., Clare. R., Reimers E., Craven, D. B., 1990. Intensification of recycling of organic matter at the sea floor near ocean margins. *Nature* 348:50-54.
- Jannink, N.T., Zachariasse, W., Van der Zwaan, G., 1998. Living (Rose Bengal stained) benthic foraminifera from the Pakistan continental margin (northern Arabian Sea). *Deep-Sea Research I* 45:1483-1513.
- Jorissen, F. J., Barmawidjaja, D. M., Puskaric, S., van der Zwaan, G. J. 1992. Vertical distribution of benthic foraminifera in the northern Adriatic Sea: The relation with the organic flux. *Marine Micropaleontology*, 19: 131 146.
- Jorissen F. J., Stigter H. C., Widmark J. G. V., 1995. A conceptual model explaining benthic foraminiferal habitats. *Mar. Micropaleontol.*, 26:3-15.
- Jorissen F. J., Wittling, I., Peypouquet, J.P., Rabouille, C., Relexans, J.C., 1998. Live benthic foraminiferal faunas off Cape Blanc, NW-Africa: community structure and microhabitats. *Deep Sea Research*, 45:2157-2188.

- Jorissen, F. J., 1999. Benthic foraminiferal microhabitats below the sediment-water interface, in Sen Gupta, B. K. (Ed.), *Modern Foraminifera*: Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 161-179.
- Jorissen, F. J., Fontanier, C., Thomas, E. (2007). En: *Proxies in Late Cenozoic Paleoceanography: Pt. 2: Biological tracers and biomarkers* (C. Hillaire-Marcel y A. de Vernal, Eds.) Elsevier, 263-326.
- Kaiho, K., 1991. Global changes of Paleogene aerobic/anaerobic benthic foraminifera and deep-sea circulation: *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaecol.*, 83:65-85.
- Kaiho, K. 1994. Benthic foraminiferal dissolved-oxygen index and dissolved-oxygen levels in the modern ocean. *Geology*, 22: 719–22.
- Kahru, M., Kudela, R., Manzano-Sarabia, M., Mitchell, B. G., 2008. Trends in primary production in the California Current detected with satellite data. *Journal of Geophysical Research Volume 114, Issue C02004*.
- Kämpf, J., 2005. Cascading-driven upwelling in submarine canyons at high latitudes. *Journal of Geophysical Research: Oceans Volume 110, Issue C2*.
- Kämpf, J., 2007. On the magnitude of upwelling fluxes in shelf-break canyons. *Continental Shelf Research* 27(17):2211-2223.
- Khripounoff, A., Vangriesheim, A., Crassous, P., Etoubleau, J., 2009. High frequency of sediment gravity flow events in the Var submarine canyon (Mediterranean Sea). *Marine Geology* 263 (1–4), 1–6.
- Kaminski, M. A. Kuhnt, W., 1995. Tubular agglutinated foraminifera as indicators of organic carbon flux. En: Kaminski, M. A., Geroch, S. Gasinski, M. A., Eds. *Proceedings of the Fourth International Workshop on Agglutinated Foraminifera*. 1995, pp 141-144. (Grzybowski Foundation Special Publication no. 3).
- Kitazato, H., Shirayama, Y., Nakatsuka, T., Fujiwara, S., Shimanaga, M., Kato, Y., Okada, Y., Kanda, J., Yamaoka, A., Masuzawa, T., Suzuki, K., 2000. Seasonal phytodetritus deposition and responses of bathyal benthic foraminiferal populations in Sagami Bay, Japan: preliminary results from “Project Sagami 1996–1999”. *Marine Micropaleontology* 40: 135–149.
- Kitazato, H., Nomaki, H., Heinz, P., Nakatsuka, T., 2003. The role of benthic foraminifera in deep-sea food webs at the sediment–water interface: results from in situ feeding experiments in Sagami Bay. *Frontier Research on Earth Evolution* 1, 227–232.
- 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.

Lampitt, R.S., 1985. Evidence for the seasonal deposition of detritus to the deep-sea floor and its subsequent resuspension. *Deep-Sea Research* 32:885–897.

Larssoneur, C., Bouysse, P., Aufret, J. P., 1982. The Superficial Sediments of the English Channel and its Western Approach. *Sedimentology*, 29(6): 851-864.

Lee, J. J., McEnry, M., Pierce, S., Freudenthal, H. D., Muller, W. A., 1966. Tracer experiments in feeding littoral foraminifera. *Journal of Protozoology* 13:659-670.

Lee, J. J., Muller, W. A., 1973. Trophic dynamics and niches of salt marsh foraminifera. *American zoologist* 13:215-223.

Levin, L. A., Etter, R. J., Rex, M. A., Gooday, A. J., Smith, C. R., Pineda, J., Stuart, C. T., Hessler, R. R., Pawson, D., 2001. Environmental influences on regional deep-sea species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 32: 51-93.

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. Jr., Tappan H., 1988. Foraminiferal genera and their classification. *PLATES*, vol. 2. Van Nostrand Reinhold, New York, p 970

Longhurst, A., Sathyendranath, S., Piatt, T., Caverhill, C., 1995. An estimate of global primary production in the ocean from satellite radiometer data. *Journal of Plankton Research* 17:1245–1271.

Longhurst, A., 1998. *Ecological Geography of the Sea*. Elsevier, New York.

López Laborde, J., 1987a. Distribución de sedimentos superficiales de fondo del Río de la Plata Exterior y Plataforma adyacente. *Invest. Oceanológicas* 1(1): 19-30.

López Laborde, J., 1987b. Caracterización de los sedimentos superficiales de fondo del Río de la Plata Exterior y Plataforma adyacente. 2 Congreso Latinoamericano sobre Ciencias del Mar, Res.: 47. *Anales Cient., Univ. Nac. Agraria La Molina*, Vol. 2: 33-47.

López-Laborde, J. 1996. La convención de las naciones unidas sobre los derechos del mar y la delimitación de la plataforma continental Uruguay. Informe interno. División Geología Marina. SOHMA.

López Laborde., J. 1997. La delimitación de la plataforma continental uruguay y el articulo 76-parrafo4-literal a)-inciso i) criterio del espesor de sedimentos. Informe interno. Departamento de oceanografía, División Geología Marina. SOHMA.

López-Laborde, J. 1998. La delimitación de la Plataforma Continental Uruguay según el artículo 76 -parrafo 4 -literal a) -inciso i). Tareas a desarrollar. Informe interno. Departamento de oceanografía, División Geología Marina. SOHMA.

López-Laborde, J. 1999. Sand deposits on the outer shelf of the Rio de la Plata and adjacent continental shelf. Non living resources of the Southern Brazilian Coastal Zone and Continental Margin OAS/IOC-UNESCO/MCT. Special Publication. L. R. Martins, Santana, C. I. Porto Alegre, Brasil: 80-91.

López-Laborde, J., Nagy, G. J. 1999. Hydrography and sediment transport characteristics of the Río de la Plata. Estuaries of South America: Their Geomorphology and Dynamics. G. M. E. Perillo, Pino, M., Piccolo, M. C. Berlin, Springer-Verlag:137-159.

Loubere, P., 1991. Deep-sea benthic foraminiferal assemblage response to a surface ocean productivity gradient: a test. *Paleoceanography*, 6:194-204.

Loubere, 1996. The surface ocean productivity and bottom water oxygen signals in deep water benthic foraminiferal assemblages. *Marine micropaleontology*, 28 (3):247-261.

Lukashina, N.P., 1988. Distribution patterns of benthic foraminifera in the North Atlantic. *Oceanology* 28:492–497.

Lutze, G., Thiel, H., 1989. Epibenthic foraminifera from elevated microhabitats: *Cibicidoides wuellerstorfi* and *Planulina ariminensis*. *J. Foramin. Res.*, 19:153-158.

McClain, C. R., Cleave, M. L., Feldman, G., Gregg, W., Hooker, S., Kuring, N., 1998. Science quality SeaWiFS data for global biosphere research. *Sea Technology* 39:10-16.

Mackensen, A., Douglas, R., 1989. Down-core distribution of live and dead deep-water benthic foraminifera in box cores from the Weddell Sea and the California Borderland. *Deep-Sea Res.* 36(6): 879-900.

Mackensen, A., Fütterer, D., Grobe, H., Schmiedl, G., 1993. Benthic foraminiferal assemblages from the eastern South Atlantic Polar Front region between 358 and 578S: distribution, ecology and fossilization potential. *Marine Micropaleontology* 22:33-69.

Mahiques, M. M., Tessler, M. G., Ciotti, A. M., Silverira, I. C., Sousa, S., Figueira, R., Tassinari, C., Furtado, V., Passos, R., 2004. Hydrodinamically-driven patterns of recent sedimentation in the shelf and upper slope off Southeast Brazil. *Continental Shelf Research*, 24:1685-1697.

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.

Mann, K. H.; Lazier, J. R. N., 1996. Dynamics of Marine Ecosystems. Biological Physical Interactions in the Oceans. 2nd ed. Blackwell, Cambridge, USA.

Marañón E., Holligan P. M., Varela M., Mouriño B., Bale A. J., 2000. Basin-scale variability of phytoplankton biomass, production and growth in the Atlantic Ocean. Deep-Sea Res Part I Oceanogr Res Pap 47:825-857.

Marañón, E., Behrenfeld, M. J., González, N., Mouriño, B., Zubkov, M. V., 2003. High variability of primary production in oligotrophic waters of the Atlantic Ocean: uncoupling from phytoplankton biomass and size structure. Marine Ecology Progress Series 257:1-11.

Margulis, L. & Schwartz, K., 2001. Cinco Reinos: um Guia Ilustrado dos Filos da Vida na Terra. Editora Guanabara Koogan S.A., Rio de Janeiro.

Martins, L. R. 1988. Conhecimento atual da geologia costeira e marinha da região sul da América Latina. Informe UNESCO sobre Ciencias del Mar 47: 1-21.

Martins, L. R., Ponzi, V. R. S. 1980. Aspectos texturais e mineralógicos dos sedimentos superficiais da plataforma continental brasileira. Notas Técnicas 2: 33-151.

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., Patinha, C., Ferreira Da Silva, E., Terroso, D., Dias, J. M. A., Rocha, F. T., 2005. Late Holocene evolution of redox state of the sediments of Glacial Mud Deposit (outer continental shelf). Cadernos Lab. Xeoloxico de Laxe Coruña, 30: 99-124.

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.

Mathesius, U., Muller, A., 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.

Maurer, D., Robertson, G., Gerlinger, T., 1994. Comparison of community structure of soft-bottom macrobenthos of the Newport submarine canyon, California and the adjoining shelf. International Review of Gesamten Hydrobiology 79, 591–603.

Morales, E., Santos Corrêa, F., Chang, H. K., de Santa Ana, H., Veroslavsky, G., 2011. Análisis sismoestratigráfico del Cretácico postrift de la Cuenca Punta del Este (offshore del Uruguay): Implicancias en la exploración de hidrocarburos. XVIII Congreso Geológico Argentino.

Morel, A. and Berthon, J. F., 1989. Surface pigments, algal biomass profiles, and potential reduction of the euphotic layer: Relationships reinvestigated in view of remote-sensing applications. Limnol. Oceanogr. 34 (8):1545-1562.

Morel, A. and S. Maritorena 2001. of oceanic waters: A reappraisal, *Journal of Geophysical Research-Oceans* 106:7163-7180.

Mori, P. E., Reeves, S. H., Correia, C. T., 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. *Rev. Bras. Geoc.*, 29(3): 441-446.

Muñoz, A., Fontan, A., Marin, Y., Carranza, A., Franco Fraguas, P., Rubio, L. 2010. Informe de Campaña Uruguay 0110. Buque de Investigacion Oceanografica y Pesquera Miguel Oliver (SGM).

Murray, J.W., 2006. Ecology and applications of benthic foraminifera. Cambridge, UK, Cambridge University press, 426 p.

Mojtahid, M., Jorissen, F., Lansard B., Fontanier, C., Bombled B., Rabouille, C., Newton, P.P., Lampitt, R.S., Jickells, T.D., King, P., Boutle, C., 1994. Temporal and spatial variability of biogenic particle fluxes during the JGOFS northeast Atlantic process studies at 47 N, 20 W. *Deep-Sea Research* 41: 1617-1642.

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 foraminífera and sedimentological proxies. *Quat Int* 206:62-71.

Negri, R. 1993. Fitoplancton y producción primaria en el área de la plataforma bonaerense próxima al talud continental. INIDEP Informe técnico Nro 1 p. 7.

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.; 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.

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.

Ondrusek, M.E., Bidigare, R.R., Waters, K., Karl, D.M., 2001. A predictive model for estimating rates of primary production in the subtropical north Pacific Ocean. *Deep-Sea Research II* 48 (8–9):1837-1863.

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.

Ottman, F., Urien, C. M., 1965. Observaciones preliminares sobre la distribución de los sedimentos en la zona externa del Rio de la Plata. *Academia Brasileira de Ciências* 37:284-289.

Parker, G., Marcolini, S., Cavallotto, J. L., Martínez, H., López, M. C., Ghiorzo, D., de León, A., Maza, M. T., Ayup, R. N., López Laborde, J. 1985. Distribución de sedimentos

en la superficie del fondo. Estudio para la Evaluación de la Contaminación en el Río de la Plata SHIN SOHMA. (División Geología Marina).

Pattiaratchi, C., 1997. Understanding areas of high productivity within the South-west Marine Region. Report prepared for the Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts. School of Environmental Systems Engineering The University of Western Australia, 53 p.

Paytan A. and Kastner M., 1996. Benthic Ba fluxes in the central Equatorial Pacific: Implications for the oceanic Ba cycle. *Earth Planet. Sci. Lett.* 142: 439–450.

Peterson, L.C., 1984. Recent abyssal benthic foraminiferal biofacies of the eastern equatorial Indian Ocean. *Marine Micropaleontology* 8: 479–519.

Peterson, R. G., 1992. The boundary currents in the western Argentine Basin. *Deep Sea Research*, 39(3): 623-644.

Piña-Ochoa, E., Høgslund, S., Geslin, E., Cedhagen, T., Revsbech, N.P., Nielsen, L.P., Schweizer, M., Jorissen, F., Rysgaard, S., Risgaard-Petersen, N., 2010. Widespread occurrence of nitrate storage and denitrification among Foraminifera and Gromiida. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107, 1148–1153.

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.

Pisciottano, G., Díaz, A., Cazes, G. & Mechoso, C. R., 1994. El Niño Southern Oscillation impact on rainfall in Uruguay. *Journal of Climate*, 7(8):1286–1304.

Platt, T., Sathyendranath, S., 1993. Estimators of primary production for interpretation of remotely sensed data on ocean color. *Journal of Geophysical Research* 98:14561-14567.

Prahl F. G., Ertel J. R., Goni M. A., Sparrow M. A., and Eversmeyer B., 1994. Terrestrial organic carbon contributions to sediments on the Washington margin. *Geochimica Cosmochimica Acta* 58: 3035-3048.

Preu, B., Schwenk, T., Hernández-Molina, F.J., Strasser, M., Huppertz, T., Hanebuth, T., Violante, R., Krustel-Gudegats, S., Henrich, R., Lindhorst, K., Meyer, M., Spieb V., M78/3 shipboard scientific party. 2010. Interaction between a Contourite depositional system and the Mar del Plata canyon off Argentina and Uruguay. *Geo Temas* 11: 139-140.

Pusceddu, A., Mea, M., Gambi, C., Bianchelli, S., Canals, M., Sanchez-Vidal, A., Calafat, A., Heussner, S., Durrieu De Madron, X., Avril, J., Thomsen, L., Garcia, R., Danovaro, R., 2010a. Ecosystem effects of dense water formation on deep

Mediterranean Sea ecosystems: an overview. *Advances in Limnology and Oceanography* 1, 67–83.

Rennie, S. J., 2005. Oceanographic Processes in the Perth Canyon and Their Impact on Productivity. Tesis de doctorado. Curtin University of technology 190p.

Rice, A. L., Thurston, M.H., Bett, B.J., 1994. The IOSDL DEEPSEA programme: introduction and photographic evidence for the presence and absence of seasonal input of phytodetritus at contrasting abyssal sites in the northeastern Atlantic. *Deep-Sea Research* 41(1):1305-1320.

Risgaard-Petersen, N., Langezaal, A., Ingvarlsen, S., Schmid, M.C., Jetten, M.S.M., Op den Camp, H.J.M., Derksen, J.W.M., Pin˜a-Ochoa, E., Eriksson, S.P., Nielsen, S.P., Revsbech, N.P., Cedhagen, T., van der Zwaan, G.J., 2006. Evidence for complete denitrification in a benthic foraminifer. *Nature* 443, 93–96.

Rowe, G.T., Polloni, P.T., Haedrich, R.L., 1982. The deep sea-benthos on the continental margin of the northwest Atlantic. *Deep-Sea Research* 29, 257–278.

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.

Schmiedl, G., Mackensen, A. and Müller, P.J., 1996. Recent benthic foraminifera from the eastern South Atlantic Ocean: Dependence on food supply and water masses. *Mar. Micropaleontol.* (submitted).

Schmiedl, G., Mackensen, A., Müller, P., 1997. Recent benthic foraminifera from the eastern South Atlantic Ocean: dependence on food supply and water masses. *Mar. Micropaleontology*, 32:249-287.

Schmiedl, G., de Boveé, F., Buscail, R., Charriere, B., Hemleben, C., Medernach, L., Picon, P., 2000. Trophic control of benthic foraminiferal abundance and microhabitat in the bathyal gulf of lions, western Mediterranean Sea. *Marine Micropaleontology*, v.40 (3), p. 167-188.

Schnitker, D., 1994. Deep-sea benthic foraminifers: Food and bottom water masses. In: Zahn, R., Pedersen, T.F., Kaminski, M.A., Labeyrie, L. (Eds.), *Carbon Cycling in the Glacial Ocean: Constraints on the Ocean's Role in Global Change*. NATO ASI Ser. I, vol. 17, pp. 539-554.

Schönfeld, J., 1997. The impact of Mediterranean Outflow Water (MOW) on benthic foraminiferal assemblages and surface sediments at the southern Portuguese margin. *Marine Micropaleontology*, 29:211-236.

Schönfeld J., 2002a. A new benthic foraminiferal proxy for nearbottom current velocities in the Gulf of Cadiz, northeastern Atlantic Ocean. *Deep-Sea Research I* 49:1853-1875.

Schönfeld J., 2002b Recent benthic foraminiferal assemblages in deep high-energy environments from the Gulf of Cadiz (Spain). *Micropaleontology* 44:141-162.

Segar D. E., 1998. *Introduction to Ocean Sciences*. Wadsworth Publishing Company. Belmont, CA, 458 p.

Sen Gupta, B.K., Lee, R.F., May, M.S., 1987. Upwelling and an unusual assemblage of benthic foraminifera on the northern Florida continental slope. *Journal Paleontology* 55: 853–857.

Shannon, C. E., Weaver, W., 1949. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press., Illinois, 144 p.

Silva, K. A., Corliss, B., Rathburn, A. E., Thunell, R., 1996. Seasonality of living benthic foraminifera from San Pedro basin, California borderland. *Journal of Foraminiferal Research* 26:71–93.

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.

Soetaert, K., Heip, C., Vincx, M., 1991. The meiobenthos along a Mediterranean deep-sea transect off Clavi (Corsica) and in an adjacent canyon. *Marine Ecology* 12, 227–242.

Soetaert, K., Heip, C., 1995. Nematode assemblages of deep-sea and shelf break sites in the North Atlantic and Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series* 125, 171–183.

Sousa, S. H. M., Passos, R. F., Fukumoto, M., Silveira, I. C. A., Figueira, R. C. L., Koutsoukos, E. A. M., Mahiques, M.M., Rezende, C. E., 2006. Mid-lower bathial benthic foraminifera of the Campos Basin, Southeastern Brazilian margin: Biotopes and controlling ecological factors. *Mar Micropaleontol.*, 61:40-57.

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.

Stow, D. A. V., 1985. Fine-Grained Sediments in Deep Water: An Overview of Processes and Facies Models. *Geo-Marine Letters* 5:17-23.

Stramma, 1989. The Brazil Current transport south of 23°S. *Deep Sea Research*, 36(4):639-646.

Stramma, L. & Peterson, R. 1990. The South Atlantic Current. *Journal of Physical Oceanography*, 20:846-859.

Streeter, S.S., 1973. Bottom water and benthic foraminifera in the North Atlantic-Glacial–interglacial contrasts. *Quaternary Research* 3, 131–141.

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.

Tesi, T., Puig, P., Palanques, A., Goni, M.A., 2010. Lateral advection of organic matter in cascading-dominated submarine canyons. *Progress in Oceanography* 84 (3–4), 185–203.

Tomczak, M., Godfrey, J.S., 2003. *Regional Oceanography: An Introduction* 2nd Ed. Pergamon, Oxford.

Urien, C. M., Ottmann, F. 1971. Historie del Río de la Plata au Quaternarie. *Quaternaria* 14(59).

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. 1979. Sedimentación marina en América del Sur Oriental. *Memorias del seminario sobre ecología bentónica y sedimentación de la plataforma continental del Atlántico Sur. Parte 1: Geología y Sedimentación*. Unesco. Oficina regional de ciencia y tecnología para América Latina y el Caribe: 43-66.

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. 1980b. Modelos deposicionais na plataforma continental do Rio Grande do Sul (Brasil), Uruguai e Buenos Aires. *Notas Técnicas* 3:13-25.

Van der Zwaan, G. J., Jorissen, F. J., 1991. Biofacial patterns in river induced shelf anoxia. *Journal of the Geological Society* 58:65-82.

Van der Zwaan, G. J., Duijnste, I. A. P., den Dulk, M., Ernst, S. R., Jannink, N.T., Kowenhoven, T.J., 1999. Benthic foraminifera: proxies or problems? A review of paleoecological concepts. *Earth-Sciences Reviews* 46:213-236.

Van Weering, T.C.E., de Stigter, H.C., Boer, W., de Haas, H., 2002. Recent sediment transport and accumulation on the NW Iberian margin. *Progress in Oceanography* 52:349–371.

Verhallen, P. J. J. M., 1991. Late Pliocene to early Pleistocene Mediterranean Mudwelling Foraminifera: Influence of a Changing Environment on Community Structure and Evolution. *Utrecht Micropaleontological Bulletin*, 40, 219p.

Veroslavsky, G.; Ucha, N.; de Santa Ana, H., Soto, M. 2010. Caracterización del Sistema de Transferencia del Río de la Plata: implicancias en la evolución geológica y geomorfológica del margen continental uruguayo. VI Congreso Uruguayo de Geología, 12 al 14 de mayo de 2010, 55.

Vetter, E.W., Dayton, P.K., 1998. Macrofaunal communities within and adjacent to a detritus-rich submarine canyon system. *Deep-Sea Research* 45, 25–54.

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.

Walton W., 1952. Techniques for recognition of living foraminifera. *Contrib. Cushman Found. J. Foram. Res.* 3:56-60.

Wynn J. R. & Bowman H. B., 1994. *The Challenger Foraminifera*. Oxford University Press and Natural History Museum. ISBN 0-19-854096-5.

Yamashita, C., 2011. Distribuição dos foraminíferos bentônicos vivos no talude continental é Plato de São Paulo, Bacia de Campos (23°12'-24°30' e 39°59'- 41°20'). tese apresentada como parte de los requisitos para a obtenção do Título de mestre em Ciências, área de Oceanografia Química e Geológica, São Paulo, 180 p.

Zeebe, R., Wolf-Gladrow, D., 2001. *CO₂ in Seawater: Equilibrium, kinetics, isotopes*. Elsevier Oceanography Series 346 pp, Amsterdam.

9. ANEXOS

9.1 Anexo I Abundancia absoluta de las especies de foraminíferos presentes en cada estación y estrato.

Especies / Z(cm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
BC4										
<i>Adercotryma glomerata</i>	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0
<i>Alabaminella weddellensis</i>	0	4	7	0	0	0	0	0	1	1
<i>Ammoscalaria pseudospiralis</i>	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Angulogerina angulosa</i>	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
<i>Bigenerina cylindrica</i>	10	18	4	3	1	2	0	0	0	0
<i>Bolivina ordinaria</i>	6	17	14	6	3	3	2	0	2	1
<i>Bolivinellina translucens</i>	18	19	12	3	0	1	0	0	1	0
<i>Brizalina striatula</i>	12	2	3	1	0	1	0	0	0	0
<i>Bulimina marginata</i>	35	38	39	17	10	2	1	0	4	0
<i>Bulimina subulata</i>	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Buliminella elegantissima</i>	0	8	2	2	0	0	0	0	0	0
<i>Cancris auriculus</i>	4	0	0	1	1	0	0	0	0	0
<i>Cassidulinoides bradyi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratobulimina arctica</i>	12	6	6	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cibicides dispars</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>cribrostomoides jefreysii</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cyclamina cancellata</i>	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0
<i>Epistominella exigua</i>	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Globobulimina turgida</i>	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0
<i>Haplophragmoides parkerae</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hormosinella ovicula</i>	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Islandiella cf australis</i>	8	28	7	1	0	0	0	0	0	0
<i>Cribrostomoides sp.1</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Laevidentalina cf advena</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lagena hispidula</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Lagenammina atlantica</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lenticulina vitrea</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nonionella stella</i>	0	4	4	0	1	0	0	0	2	0
<i>Nonionoides turgida</i>	17	5	3	0	0	0	0	0	0	0
<i>Prolixoplecta exilis</i>	4	5	3	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pullenia bulloides</i>	4	2	2	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pullenia quinqueloba</i>	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
<i>Reophax fusiformis</i>	8	5	6	10	2	4	1	4	1	2

<i>Reophax scorpius</i>	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhumlerella septebeensis</i>	18	19	10	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sphaeroidina bulloides</i>	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stainforthia complanata</i>	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0
<i>Textularia</i> sp.	12	0	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Trochammina inflata</i>	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Uvigerina</i> spp.	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Especies / Z(cm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
BC16										
<i>Adercotryma glomerata</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Alabammina weddellensis</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ammoscalaria pseudospiralis</i>	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bolivina ordinaria</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bolivinellina translucens</i>	4	10	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bulimina marginata</i>	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bulimina subulata</i>	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Buliminella elegantissima</i>	52	12	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bumlimina pupoides</i>	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cassidulinoides bradyi</i>	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>cribrostomoides jeffreysii</i>	39	4	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cribrostomoides</i> sp. juvenil	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Globobulimina turgida</i>	26	63	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lagenammina atlantica</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lenticulina vitrea</i>	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Neolenticulina peregrina</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Neolenticulina variabilis</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Neolingulina viejoensis</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nonionella stella</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nonionella turgida</i>	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Parafissurina felsinea</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
parte de calcáreo uniserial	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Prolixoplecta exilis</i>	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudononion atlanticum</i>	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Recurvoides</i> sp. juvenil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Reophax fusiformis</i>	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Rhumlerella septebeensis</i>	1134	806	325	90	0	0	0	0	0	0
<i>Rutherfordoides mexicana</i>	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stainforthia complanata</i>	8	5	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Trochammina inflata</i>	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Uvigerina bifurcata</i>	10	3	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Uvigerina</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Especies / Z(cm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

BC22										
<i>Bulimina marginata</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Buliminella elegantissima</i>	3	17	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cribr stomoides jeffreysii</i>	6	3	0	9	8	9	12	0	0	0
<i>Cribr stomoides subglobosum</i>	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
<i>Epistomminella exigua</i>	0	0	0	0	1	0	1	2	3	0
<i>Nonionella stella</i>	4	7	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Planorbulina variabilis</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Prolixoplecta exilis</i>	4	1	0	0	4	1	0	0	0	0
<i>Rhumblerella sepetibaensis</i>	61	92	210	193	287	177	152	77	112	23
<i>Rutherfordoides cornuta</i>	186	251	0	1	4	0	0	0	0	0
<i>Rutherfordoides mexicana</i>	14	11	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stainforthia complanata</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Trochammina inflata</i>	0	2	0	0	1	1	1	0	1	0
<i>Uvigerina</i> spp.	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Especies / Z(cm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
BC31										
<i>Alabaminella weddellensis</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ammodiscus anguillae</i>	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Ammoscalaria pseudospiralis</i>	29	27	13	5	8	3	18	20	1	1
<i>Bulimina marginata</i>	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Chilostomella ovoidea</i>	2	4	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cibicidoides dispers</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
<i>Cornuspira planorbis</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
<i>Cribr stomoides crassimargo</i>	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>cribr stomoides jeffreysii</i>	76	23	14	14	16	19	23	24	4	1
<i>Cribr stomoides subglobosum</i>	31	14	4	1	6	2	5	5	3	0
<i>Cyclammina cancellata</i>	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0
<i>Globobulimina turgida</i>	7	8	1	0	0	1	0	2	0	0
<i>Hormmosinella</i> sp	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Juveniles cribr stomoides</i>	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Cribr stomoides</i> sp.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nonionella stella</i>	15	7	3	0	0	0	3	2	0	0
<i>Planorbulina variabilis</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Recurvoides</i> sp. juvenil	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Reophax scorpirus</i>	1	2	0	2	1	1	2	4	1	0
<i>Rhumblerella sepetibaensis</i>	1	5	4	0	0	0	2	1	0	0
<i>Rutherfordoides mexicana</i>	6	1	0	0	0	0	3	0	0	0
<i>Stainforthia complanata</i>	55	19	4	3	4	0	2	2	0	0
<i>Trochammina inflata</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Uvigerina bifurcata</i>	5	3	0	3	1	1	0	3	0	0
<i>Uvigerina</i> spp.	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0

Especies / Z(cm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
BC35										
<i>Adercotryma glomerata</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Ammodiscus anguillae</i>	4	14	2	5	4	3	2	2	2	2
<i>Angulogerina angulosa</i>	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0
<i>Angulogerina spp.</i>	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0
<i>Bolivina ordinaria</i>	3	17	45	39	14	2	10	10	10	6
<i>Bolivina pseudoplicata</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bolivinellina striatula</i>	20	9	2	1	0	4	0	1	2	0
<i>Bolivinellina translucens</i>	3	3	2	1	0	2	0	1	0	0
<i>Bulimina marginata</i>	11	114	100	274	159	39	15	14	14	1
<i>Bulimina pupoides</i>	19	91	152	109	45	23	23	26	4	6
<i>Bulimina subulata</i>	16	72	301	155	24	18	1	3	0	2
<i>Cancris auriculus</i>	3	1	2	1	0	0	0	0	0	0
<i>Cassidulinoides bradyi</i>	69	21	2	1	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratobulimina arctica</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cibicides dispars</i>	2	26	61	36	21	11	9	4	3	2
<i>cribrostomoides jefreysii</i>	46	6	4	0	2	1	0	0	0	0
<i>Cribrostomoides subglobosum</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cyclammina cancellata</i>	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Epistomminella exigua</i>	5	127	395	205	97	81	56	44	39	37
<i>Globobulimina turgida</i>	16	16	3	2	2	2	3	0	1	1
<i>Juveniles Bulimina</i>	0	0	48	22	0	0	0	0	2	3
<i>Laevidentalina communis</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lenticulina vitrea</i>	1	2	1	1	1	1	1	2	0	0
<i>Nonionella stella</i>	6	11	11	0	0	1	0	0	0	0
<i>Procerolagena gracillis</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Prolixoplecta exilis</i>	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Psammosphaera fusca</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pullenia bulloides</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Reophax fusiformis</i>	103	234	219	45	95	32	48	18	9	4
<i>Rhabdamina abyssorum</i>	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhumblarella sepetibaensis</i>	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Saccorhiza ramosa</i>	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Trochammina inflata</i>	2	0	6	0	2	0	0	0	0	0
<i>Uvigerina bifurcata</i>	0	0	0	0	1	1	3	0	1	0
<i>Uvigerina spp.</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
Especies / Z(cm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
BC38										
<i>Cribrostomoides spp. juvenil</i>	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bolivinellina translucens</i>	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bulimina marginata</i>	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0

<i>Cribrostomoides jeffreysii</i>	26	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cribrostomoides subglobosum</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Epistominella exigua</i>	0	1	2	1	0	2	4	0	0	4
<i>Globobulimina turgida</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nonionella stella</i>	8	1	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Rhumblerella sepetibaensis</i>	2	0	9	1	1	3	8	0	3	13
<i>Rutherfordoides cornuta</i>	60	1	3	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rutherfordoides mexicana</i>	10	6	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stainforthia complanata</i>	43	8	2	1	2	0	3	2	1	5
<i>Uvigerina bifurcata</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Uvigerina</i> spp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Especies / Z(cm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
BC48										
<i>Adercotryma glomerata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Alabaminella weddellensis</i>	58	12	3	7	2	1	0	3	2	2
<i>Ammoscalaria pseudospiralis</i>	55	8	2	1	2	0	0	3	4	2
<i>Angulogerina angulosa</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Angulogerina</i> spp.	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bolivina ordinaria</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Bolivininellina translucens</i>	7	6	1	0	0	0	0	0	1	0
<i>Bulimina marginata</i>	39	3	0	0	0	0	0	0	6	3
<i>Chillostomella ovoidea</i>	14	3	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Cibicides dispars</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cibicides</i> sp.	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cribrostomoides crassimargo</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cribrostomoides jeffreysii</i>	30	6	1	0	0	0	0	1	1	1
<i>Cribrostomoides</i> spp. juvenil	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
<i>Epistominella exigua</i>	14	3	0	3	0	2	2	0	7	5
<i>Globobulimina turgida</i>	7	4	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Glomospira gordialis</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2
<i>Nonionella stella</i>	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Planorbulina variabilis</i>	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0
<i>Prolixoplecta exilis</i>	6	1	0	0	0	0	0	0	2	0
<i>Pseudononion atlanticum</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Recurvoides juvenil</i> sp	11	1	0	0	0	0	0	2	8	2
<i>Reophax fusiformis</i>	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Rhabdamina abyssorum</i>	7	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Rhumblerella sepetibaensis</i>	56	13	11	0	0	0	2	0	3	11
<i>Rutherfordoides rotundiformis</i>	9	1	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Stainforthia complanata</i>	99	37	7	6	1	3	1	1	0	2
<i>Trochammina inflata</i>	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Uvigerina bifurcata</i>	11	0	0	0	0	0	0	1	2	0

<i>Uvigerina</i> spp.	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Especies / Z(cm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
BC49										
<i>Adercotryma glomerata</i>	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ammodiscus angilae</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ammoscaaria pseudospiralis</i>	0	0	1	0	4	2	2	1	0	0
<i>Angulogerina</i> sp	0	2	1	0	1	0	0	0	0	0
<i>Bolivina difformis</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Bulimina marginata</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chilostmella ovidea</i>	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Cribr stomoides jeffreysii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cribr stomoides subglobosum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Epistomminella exigua</i>	3	1	8	70	8	70	5	26	5	3
<i>Globobulimina turgida</i>	0	5	4	2	0	0	0	0	0	0
<i>Prolixoplecta exilis</i>	2	1	0	2	0	1	0	0	0	0
<i>Psammospaera fusca</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudononion atlanticum</i>	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Recurvoides</i> sp juvenil	23	5	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Rhumblerella sepetibaensis</i>	252	65	7	2	0	1	0	0	0	0
<i>Stainforthia complanata</i>	4	9	2	5	1	3	1	3	3	0
<i>Trochamina inflata</i>	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Uvigerina bifurcata</i>	0	6	3	0	0	2	0	1	0	0
Especies / Z(cm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
BC50										
<i>Adercotryma glomerata</i>	46	0	0	0	0	0	0	0	3	0
<i>Ammoscaaria pseudospiralis</i>	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bolivina ordinaria</i>	17	0	1	1	4	3	3	2	0	2
<i>Bolivina translucens</i>	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Brizalina striatula</i>	8	0	0	0	0	0	0	0	2	0
<i>Bulimina marginata</i>	103	41	98	251	158	188	60	35	69	24
<i>Bulimina pupoides</i>	44	33	44	46	53	49	10	19	28	20
<i>Bulimina</i> sp juvenil	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bulimina subulata</i>	119	21	43	20	21	15	17	7	10	3
<i>Cassidulinoides bradyi</i>	30	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cibicides dispars</i>	10	9	18	44	19	51	7	19	14	0
<i>Cribr stomoides jeffreysii</i>	67	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Epistomminella exigua</i>	222	158	194	401	426	514	170	204	247	143
<i>Fissurina compressa</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Globobulimina turgida</i>	28	1	1	0	0	0	0	1	1	0
<i>Glomospira gordialis</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Lagena hispidula</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Lagenammia atlantica</i>	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

<i>Lenticulina vitrea</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Neolingulina viejoensis</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nonionella stella</i>	36	0	0	0	0	0	0	0	3	0
<i>Prolixoplecta exilis</i>	3	0	0	0	0	0	0	0	3	0
<i>Pseudononion atlanticum</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Reophax fusiformis</i>	25	1	0	0	1	2	0	1	4	0
<i>Rhumlerella sepetibaensis</i>	17	2	2	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rutherfordoides mexicana</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rutherfordoides rotundiformis</i>	25	4	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Textularia</i> spp.	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Trochammina inflata</i>	72	14	7	8	2	17	6	52	20	0
<i>Trochammina plana discorbis</i>	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Especies / Z(cm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
BC59										
<i>Ammodiscus angulae</i>	11	3	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ammoscalaria pseudospiralis</i>	22	5	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Angulogerina angulosa</i>	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bolivinellina translucens</i>	25	9	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bulimina marginata</i>	82	10	2	0	0	0	1	0	0	0
<i>Ceratobulimina arctica</i>	106	39	10	0	5	0	0	0	0	0
<i>Chilostomella ovoidea</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cribrostomoides jeffreysii</i>	37	4	1	2	1	0	0	0	0	0
<i>Cribrostomoides subglobosum</i>	66	9	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Cribrostomoides</i> sp. Juvenil	46	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Epistomminella exigua</i>	128	16	17	10	6	13	3	11	31	13
<i>Globobulimina turgida</i>	29	29	8	3	0	0	0	0	0	0
<i>Hialinonetrion clavatum</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Laevidentalina communis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lagenammina atlantica</i>	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nonionella stella</i>	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oridorsalis umbonatus</i>	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Parte de calcáreo uniserial	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Planorbulina variabilis</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
<i>Prolixoplecta exilis</i>	19	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudononion atlanticum</i>	14	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pyrgo depressa</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pyrgo murrhina</i>	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pyrgoella sphaera</i>	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Recurvoides juvenil</i>	40	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Reophax scorpius</i>	4	3	2	3	0	0	1	0	0	0
<i>Rhabdamina abyssorum</i>	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhumlerella sepetibaensis</i>	46	15	9	7	0	1	0	1	0	0
<i>Rutherfordoides cornuta</i>	192	23	1	2	0	0	0	0	0	0

<i>Rutherfordoides mexicana</i>	17	3	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rutherfordoides rotundiformis</i>	39	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stainforthia complanata</i>	30	37	6	9	5	6	0	3	0	2
<i>Triloculina tricarinata</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Trochammina inflata</i>	154	14	15	2	0	0	0	0	0	0
<i>Uvigerina bifurcata</i>	78	13	3	3	0	0	0	0	0	0
<i>Uvigerina</i> spp.	85	7	4	0	0	0	0	0	0	0
Especies / Z(cm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Corer 61										
<i>Adercotryma glomerata</i>	4	2	1	3	2	0	0	0	1	0
<i>Angulogerina angulosa</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bolivininellina translucens</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Brizalina striatula</i>	10	16	0	2	0	0	0	0	0	0
<i>Bulimina marginata</i>	55	83	41	68	13	12	9	0	3	0
<i>Bulimina pupoides</i>	11	22	17	11	12	8	21	4	1	0
<i>Bulimina subulata</i>	19	18	4	8	4	3	3	0	2	1
<i>Cancris auriculus</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cassidulinoides bradyi</i>	15	7	2	0	0	1	0	0	0	0
<i>Ceratobulimina arctica</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cibicides dispars</i>	0	0	0	6	1	2	2	1	3	0
<i>Cribrostomoides jeffreysi</i>	12	11	2	4	0	0	0	0	0	0
<i>Cribrostomoides</i> sp. juvenil	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Epistomminella exigua</i>	19	19	32	35	58	46	58	12	13	4
<i>Globobulimina turgida</i>	9	16	2	1	0	0	0	0	0	0
<i>Nonionoides turgida</i>	4	12	6	0	0	0	0	0	0	0
<i>Polymorphina</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Reophax fusiformis</i>	86	118	45	28	19	4	2	0	6	2
<i>Rutherfordoides cornuta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Trochammina inflata</i>	11	2	0	0	10	0	0	0	0	0
<i>Uvigerina bifurcata</i>	12	9	2	4	0	0	0	0	0	0

9.2 Anexo II Referencias taxonómicas de las especies de foraminíferos bentónicos consideradas en este trabajo

Adercotryma glomerata (Brady, 1878)

Alabammina weddellensis (Earland, 1936)

Ammodiscus anguillae Höglund, 1947

Ammoscalaria pseudospiralis (Williamson, 1858)

Lagena hispidula Cushman, 1913

Lagenammina atlantica (Cushman, 1944)

Laevidentalina cf advena (Cushman, 1923)

Laevidentalina communis (d'Orbigny, 1826)

<i>Angulogerina angulosa</i> (Williamson, 1858)	<i>Laevidentalina consobrina</i> (d'Orbigny, 1826).
<i>Angulogerina</i> spp. Cushman, 1927	<i>Lenticulina vitrea</i> (Ehrenberg, 1843)
<i>Bigenerina cylindrica</i> Cushman, 1922	<i>Neolenticulina variabilis</i> (Reuss, 1850)
<i>Bolivina difformis</i> (Williamson, 1858)	<i>Neolingulina viejoensis</i> McCulloch, 1977
<i>Bolivina ordinaria</i> Phleger & Parker, 1952	<i>Nonionella stella</i> Cushman & Moyer, 1930
<i>Bolivina pseudoplicata</i> Heron-Allen & Earland, 1930	<i>Nonionoides turgida</i> (Williamson, 1858)
<i>Bolivinellina translucens</i> (Phleger & Parker, 1951)	<i>Oridorsalis umbonatus</i> (Reuss, 1851)
<i>Brizalina striatula</i> (Cushman, 1922)	<i>Parafissurina felsinea</i> (Fornasini, 1894)
<i>Bulimina marginata</i> d'Orbigny, 1826	<i>Planorbulina variabilis</i> (d'Orbigny, 1826)
<i>Bulimina pupoides</i> d'Orbigny, 1846	<i>Polymorphina</i> spp. d'Orbigny, 1826
<i>Bulimina subulata</i> Cushman & Parker, 1947	<i>Pullenia bulloides</i> (d'Orbigny, 1846)
<i>Buliminella elegantissima</i> (d'Orbigny, 1839)	<i>PulLenia quinqueloba</i> (Reuss, 1851)
<i>Cancris auriculus</i> (Fichtel & Moll, 1798)	<i>Pseudononion atlanticum</i> (Cushman, 1936)
<i>Cassidulinoides bradyi</i> (Norman, 1881)	<i>Prolixoplecta exilis</i> (Cushman, 1936)
<i>Ceratobulimina arctica</i> Green, 1959	<i>Procerollagena gracilis</i> (Williamson, 1848)
<i>Chilostomella ovoidea</i> Reuss, 1850	<i>Psammosphaera fusca</i> Schulze, 1875
<i>Cibicides dispars</i> (d'Orbigny, 1839)	<i>Pyrgo depressa</i> (d'Orbigny, 1826)
<i>Cibicides</i> spp. de Montfort, 1808	<i>Pyrgo murrhina</i> (Schwager, 1866)
<i>Cornuspira planorbis</i> Schultze, 1853	<i>Pyrgoella sphaera</i> (d'Orbigny, 1839)
<i>Cribr stomoides crassimargo</i> (Norman, 1892)	<i>Recurvoides</i> sp. Earland, 1934
<i>Cribr stomoides jeffreysii</i> (Williamson, 1858)	<i>Reophax fusiformis</i> (Williamson, 1858)
<i>Cribr stomoides subglobosum</i> (Cushman, 1910)	<i>Reophax scorpirus</i> de Montfort, 1808
<i>Cribr stomoides</i> spp. Cushman, 1910	<i>Rhabdamina abyssorum</i> M. Sars, 1869
<i>Cyclamina cancellata</i> Brady, 1879	<i>Rhumlerella sepetibaensis</i> Bronnimann, 1981
<i>Dentalina</i> spp. d'Orbigny, 1826	<i>Rutherfordoides cornuta</i> (Cushman, 1913)
<i>Epistomminella exigua</i> (Brady, 1884)	<i>Rutherfordoides mexicana</i> Cushman, 1922
<i>Alabamminella weddellensis</i> (Earland, 1936)	<i>Rutherfordoides rotundiformis</i> (McCulloch, 1977)
<i>Fissurina compressa</i> (d'Orbigny, 1839)	<i>Saccorhiza ramosa</i> (Brady, 1879)
<i>Globobulimina turgida</i> (Bailey, 1851)	<i>Stainforthia complanata</i> (Egger, 1893)
<i>Globulina</i> sp. d'Orbigny, 1839	<i>Sphaeroidina bulloides</i> d'Orbigny, 1826
<i>Glomospira gordialis</i> (Jones & Parker, 1860)	<i>Textularia</i> spp. DeFrance, 1824
<i>Haplophragmoides parkerae</i> (Uchio, 1960)	<i>Triloculina tricarinata</i> d'Orbigny, 1826
<i>Haplophragmoides</i> cf. <i>porrectus</i>	<i>Trochammina inflata</i> (Montagu, 1808)
<i>Hyalinonetrion clavatum</i> (d'Orbigny, 1846)	<i>Trochammina plana discorbis</i> Earland, 1934
<i>Hormosinella</i> sp. Shchedrina, 1969	<i>Uvigerina bifurcata</i> d'Orbigny, 1839
<i>Islandiella</i> cf. <i>australis</i> (Phleger & Parker, 1951)	<i>Uvigerina</i> spp. d'Orbigny, 1826

9.3 Anexo III. Láminas

Lámina 01

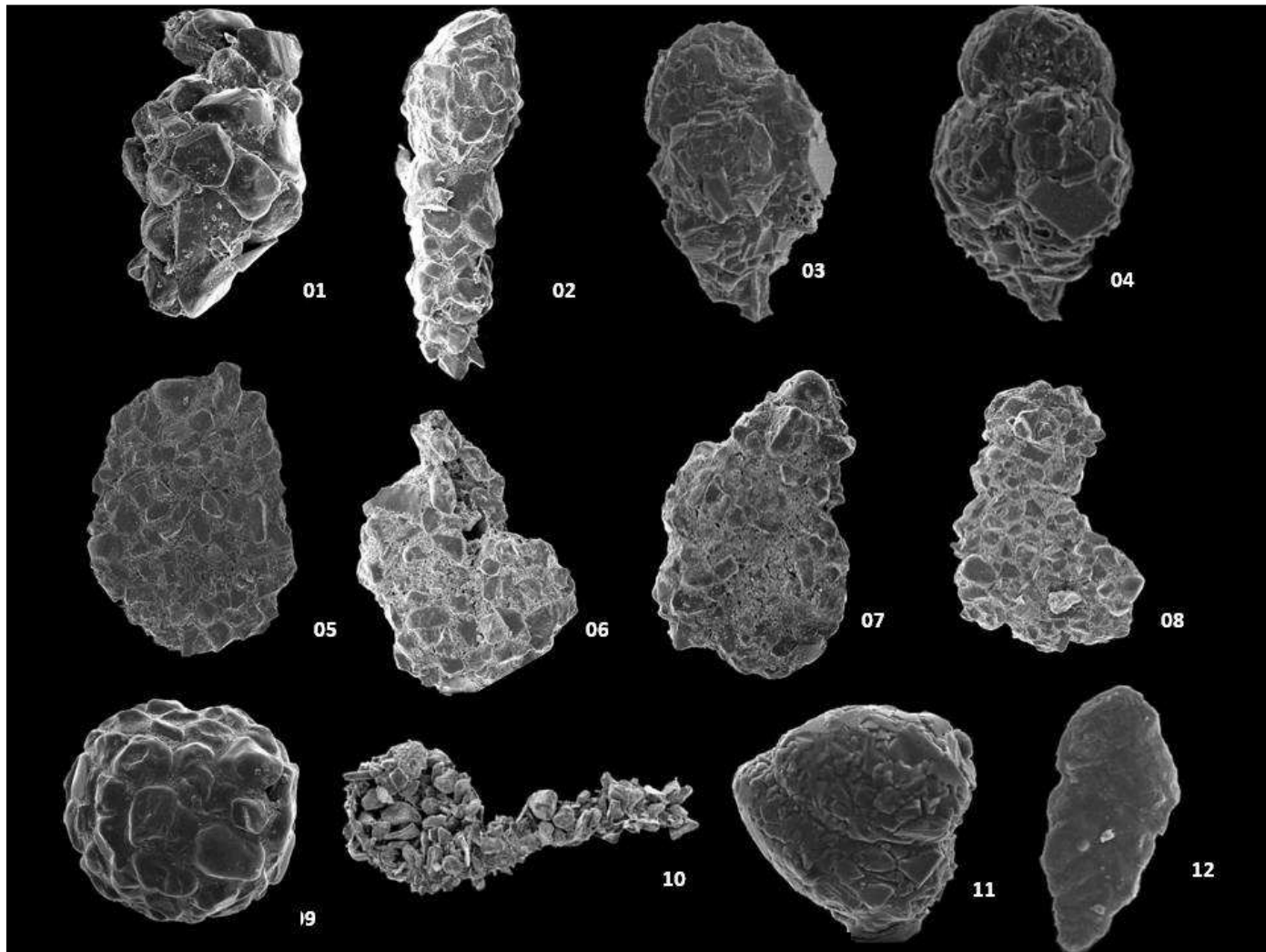


Lámina 01- 01- *Reophax fusiformis* x130 02- *Reophax scorpis* x60 03- *Rhumlerella sepetibaensis* x300 04- *Rhumlerella sepetibaensis* x450 05 a 08- *Ammoscalaria pseudospiralis* X43, X65, X60, X50 09- *Psammosphaera fusca* X45 10- *Saccorhiza ramosa* X43 11- *Adercotryma glomerata* X550 12- *Textularia* sp X550.

Lámina 02

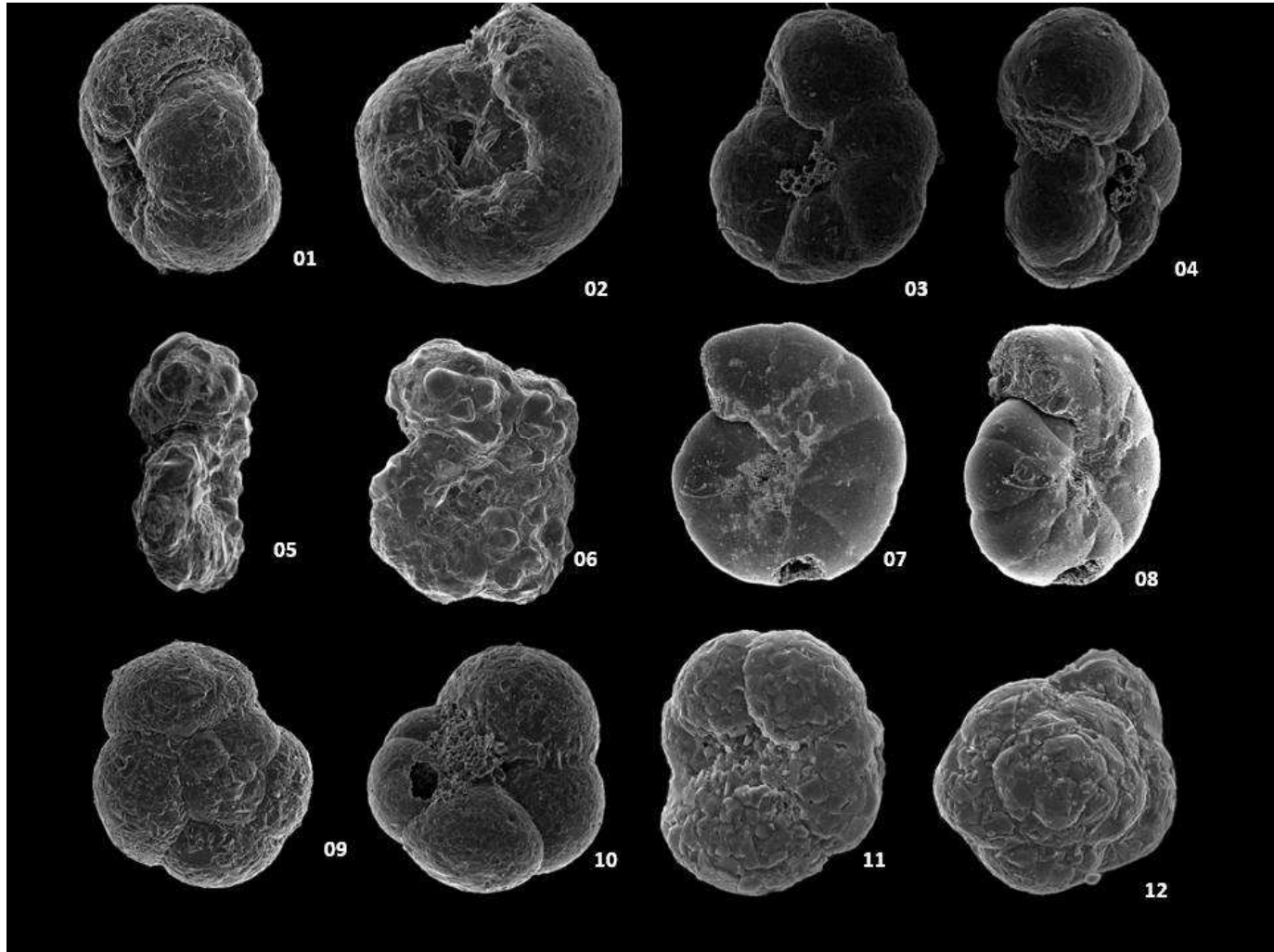


Lámina 02- 01-*Cribrostomoides subglobosum* X90 02- *Cribrostomoides subglobosum* X95 03-*Cribrostomoides jeffreysii* X110 04- *Cribrostomoides jeffreysii* X85 05- *Cribrostomoides crassimargo* X60 06- *Cribrostomoides crassimargo* X60 07- *Cyclammina cancellata* X50 08- *Cyclammina cancellata* X50 09-*Trochammina inflata* X170 10-*Trochammina inflata* X200 11- *Trochammina plana discorbis* X650 12- *Trochammina plana discorbis* X500.

Lámina 03

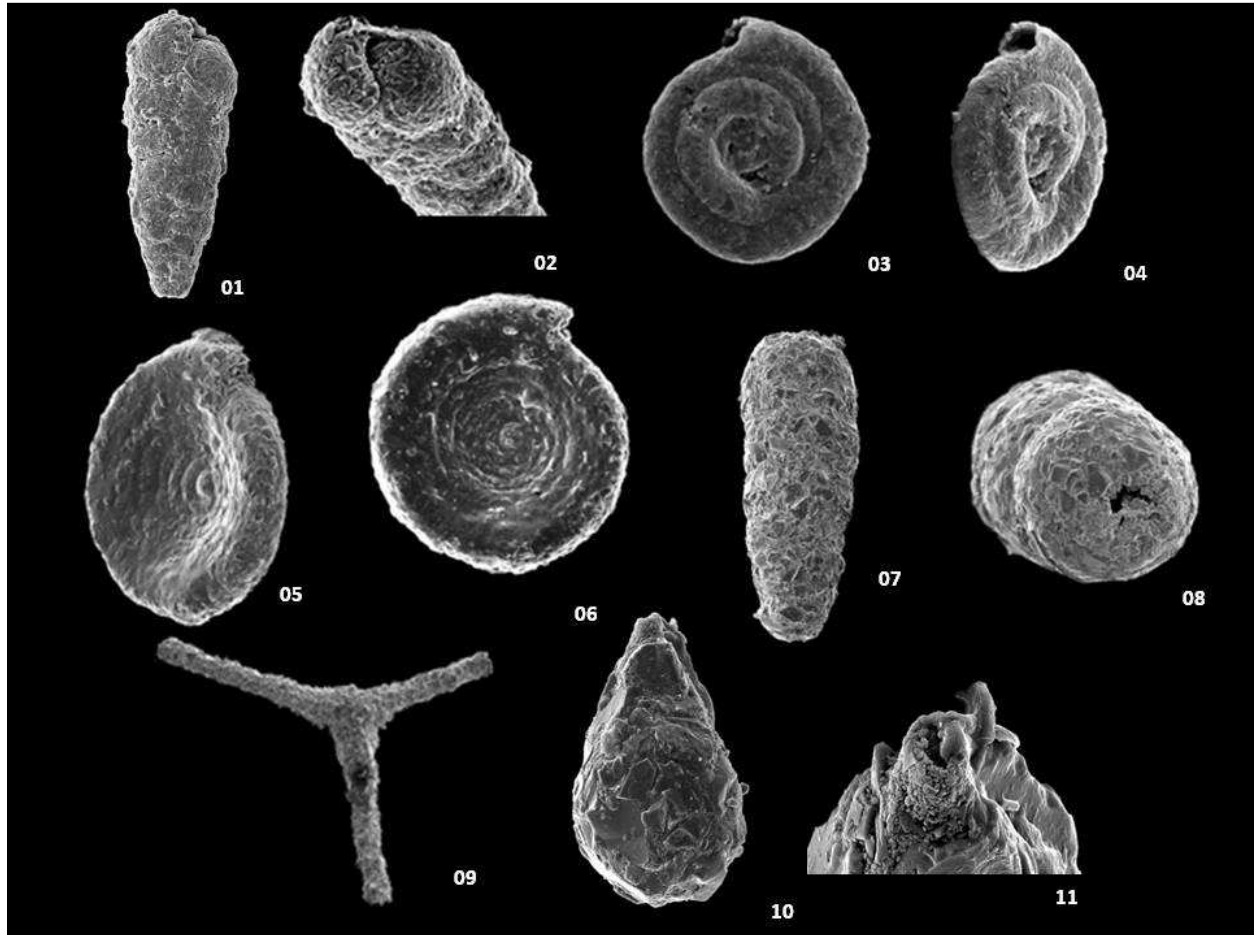


Lámina 03- 01- *Prolixoplecta exilis* X400 02- *Prolixoplecta exilis* X430 03- *Glomospira gordialis* X650 04- *Glomospira gordialis* X750 05- *Ammodiscus anguillae* X190 06- *Ammodiscus anguillae* X100 07 -*Bigenerina cylindrica* X500 07 -*Bigenerina cylindrica* X200 09- *Rhabdammina abyssorum* X19 10- *Lagenammina atlantica* X700 11- *Lagenammina atlantica* X1100

Lámina 04

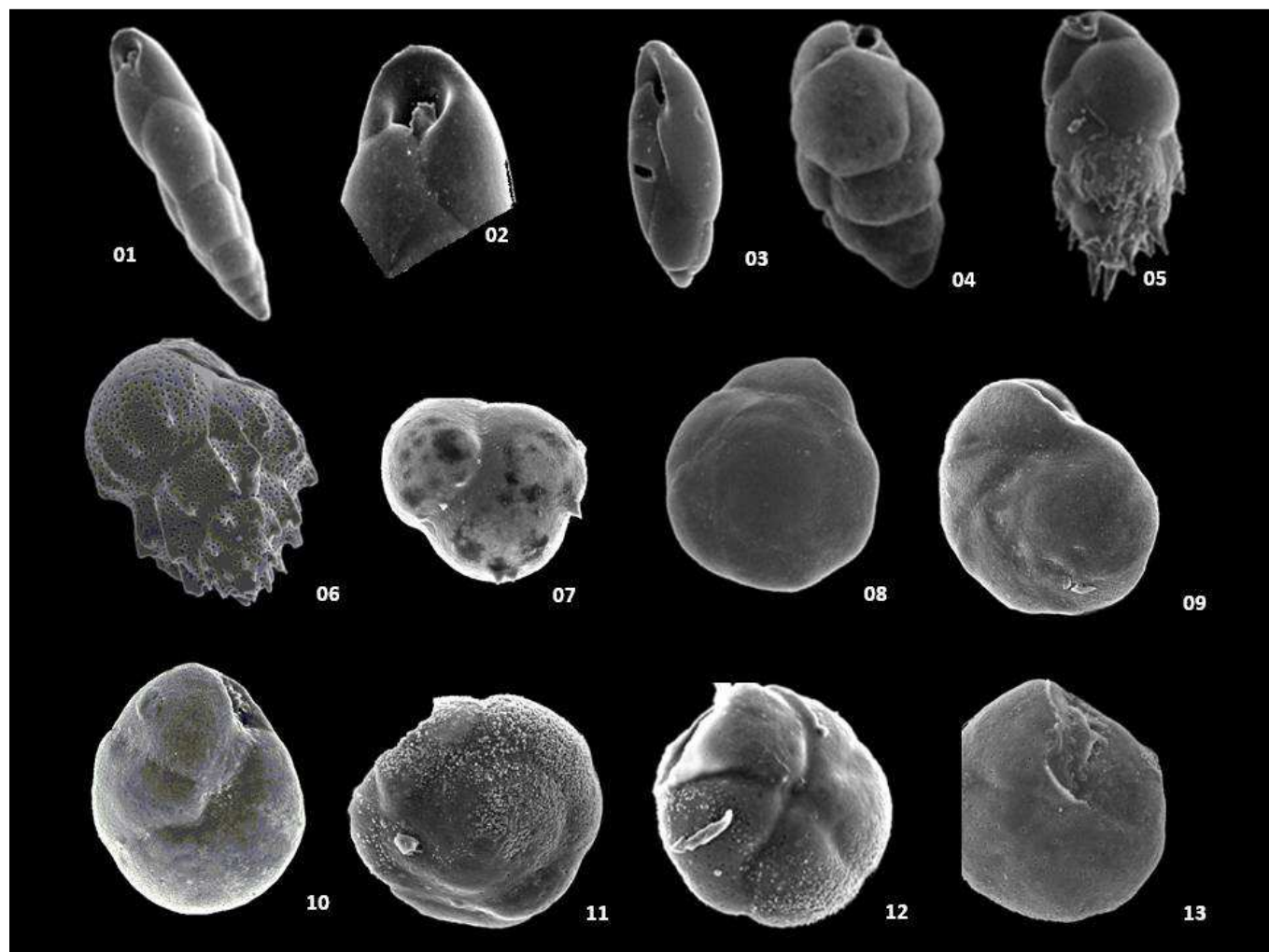


Lámina 04- *Stainforthia complanata* X150 02- *Stainforthia complanata* X550 03- *Stainforthia complanata?* juvenil X500 04- *Bulimina pupoides* X200 05- *Bulimina subulata* X200 06- *Bulimina marginata* X350 07- *Bulimina* sp. juvenil X750 08- *Epistomminella exigua* X600 09-. *Epistomminella exigua* X400 10-. *Epistomminella exigua* Vista ventral X400 11- *Alabamminella wedellensis* X400 Vista dorsal 12- *Alabamminella wedellensis* Vista ventral X550 13- *Alabamminella wedellensis* Vista ventral X750.

Lámina 05

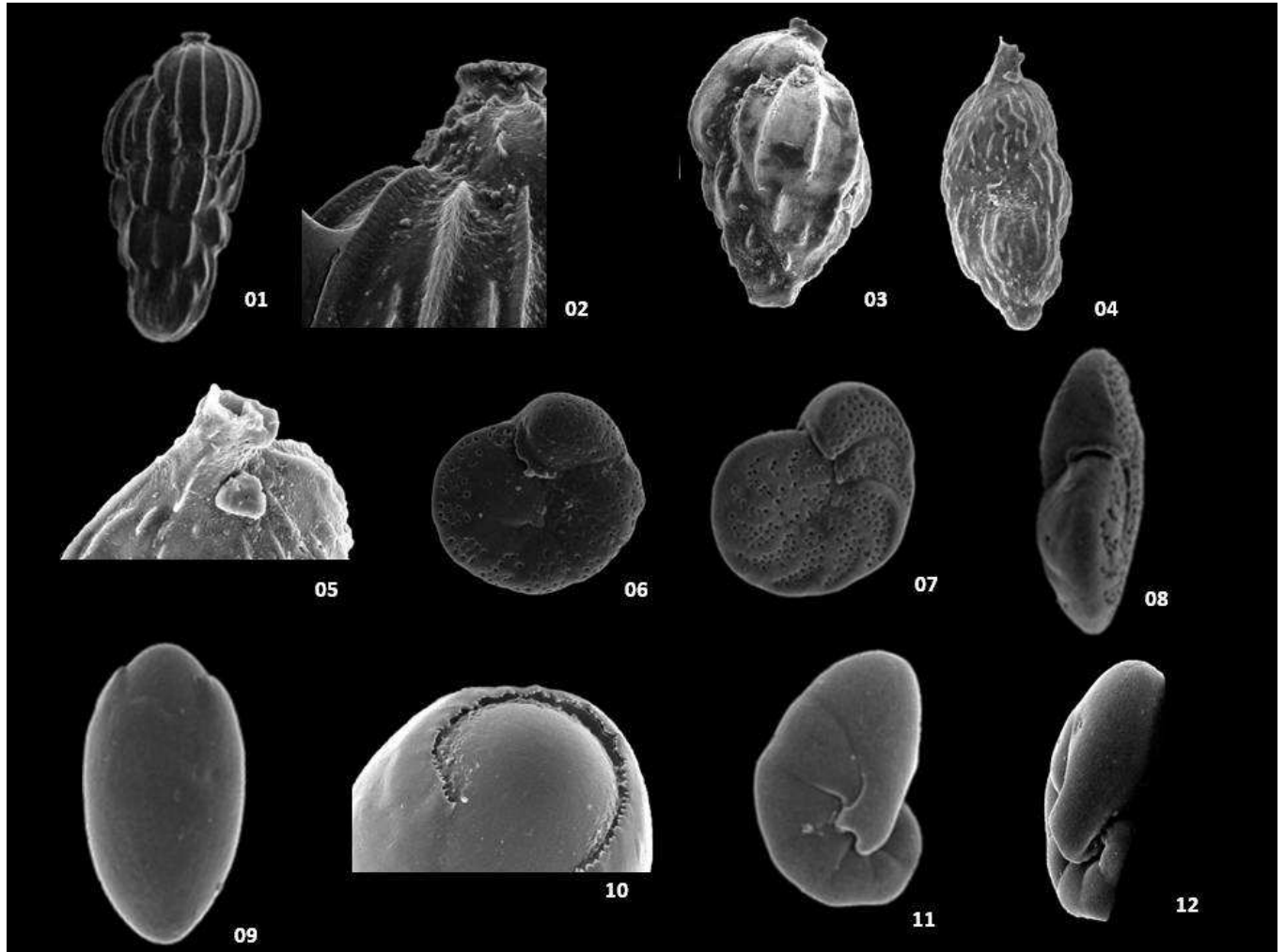


Lámina 05- 01- *Uvigerina bifurcata* x170 02- *Uvigerina bifurcata* x650 03- *Uvigerina* spp. X500 04- *Angulogerina* sp X500 05- *Angulogerina* sp X1400 06- *Cibicides dispars* X350 07- *Cibicides dispars* X140 08- *Cibicides dispars* X130 09- *Chillostomella ovoidea* X140 10- *Chillostomella ovoidea* X400 11- *Nonionella stella* X500 12- *Nonionella stella* X700.

Lámina 06

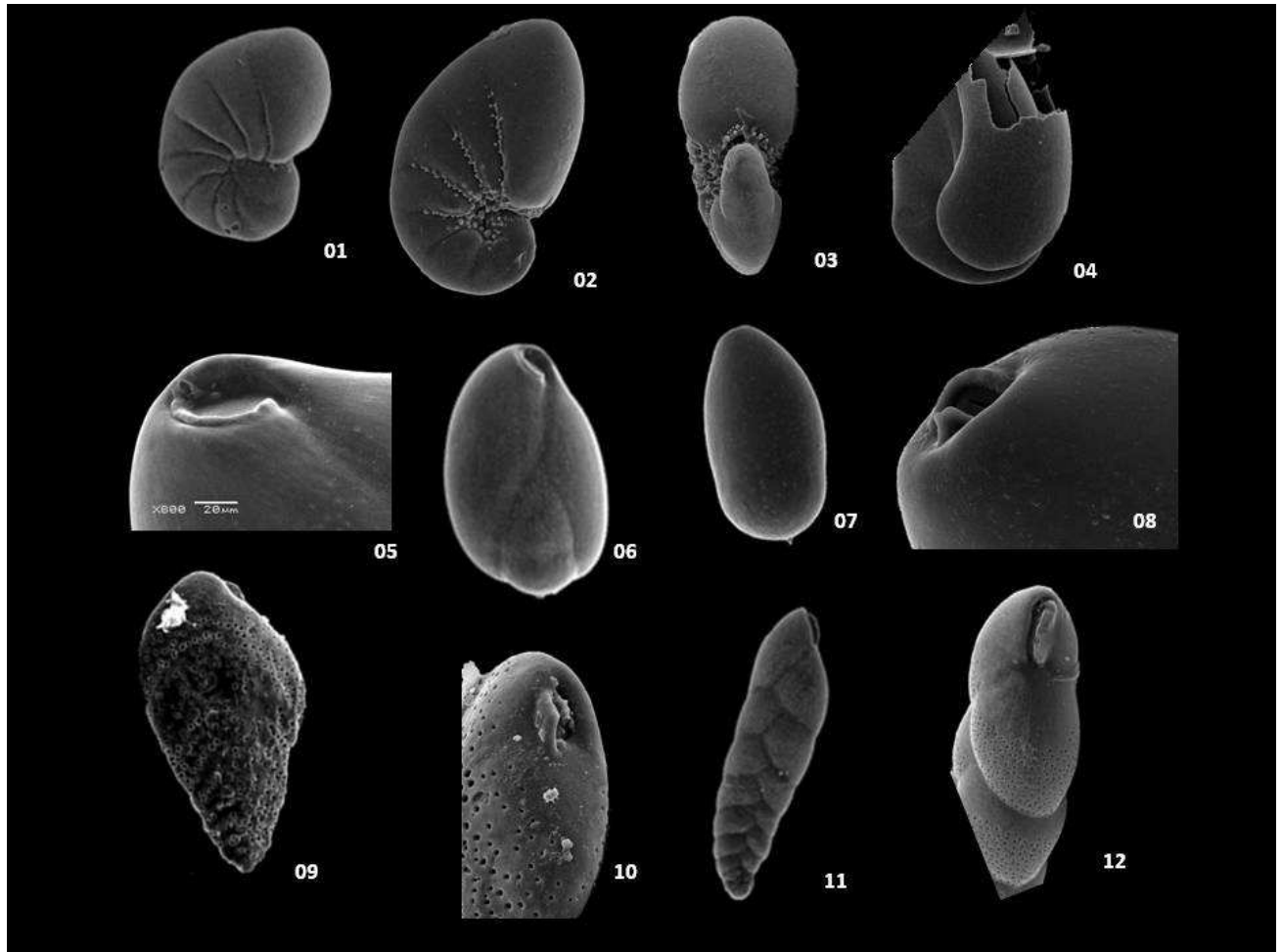


Lámina 06- 01- *Nonionella stella* X140 02- *Pseudononion atlanticum* X430 03- *Pseudononion atlanticum* X450 04- *Nonionoides turgida* X370 05- *Globobulimina turgida* X800 06- *Globobulimina turgida* X100 07- *Globobulimina turgida* Juvenil X400 08- *Globobulimina turgida* Juvenil X1800 09- *Bolivina ordinaria* X430 10- *Bolivina ordinaria* X950 11- *Bolivinellina translucens* X220 12- *Bolivinellina translucens* X600

Lámina 07

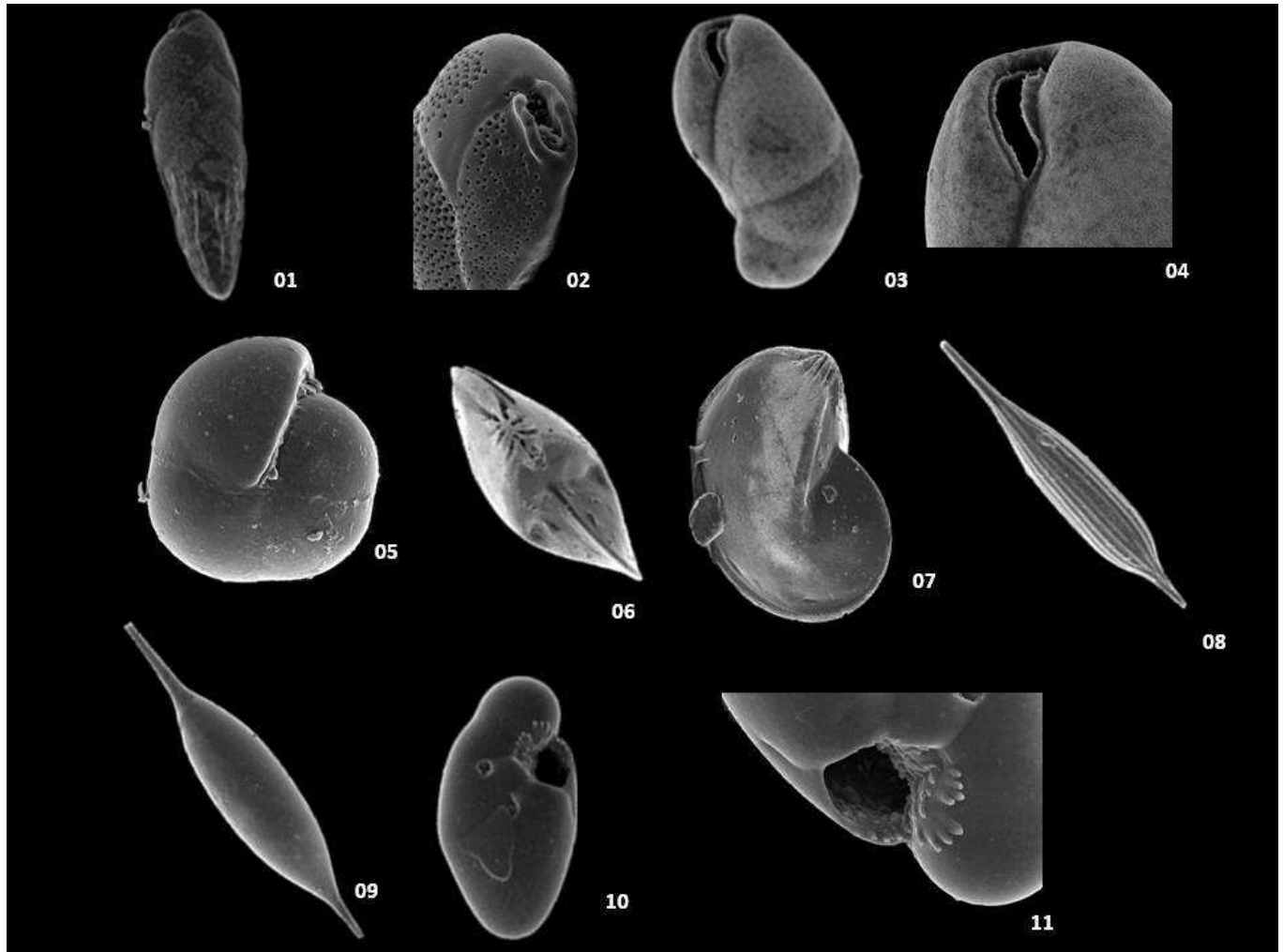


Lámina 07- 01- *Brizalina striatula* X100 02- *Brizalina striatula* X700 03- *Cassidulinoides bradyi* X190 04- *Cassidulinoides bradyi* X650 05- *Pullenia bulloides* X330 06- *Lenticulina vitrea* X120 07- *Lenticulina vitrea* X220 08- *Procerolagena gracilis* X140 09- *Hyalinonetrion clavatum* X 100 10- *Ceratobulimina arctica* X350 11- *Ceratobulimina arctica* X1000.

Lámina 08

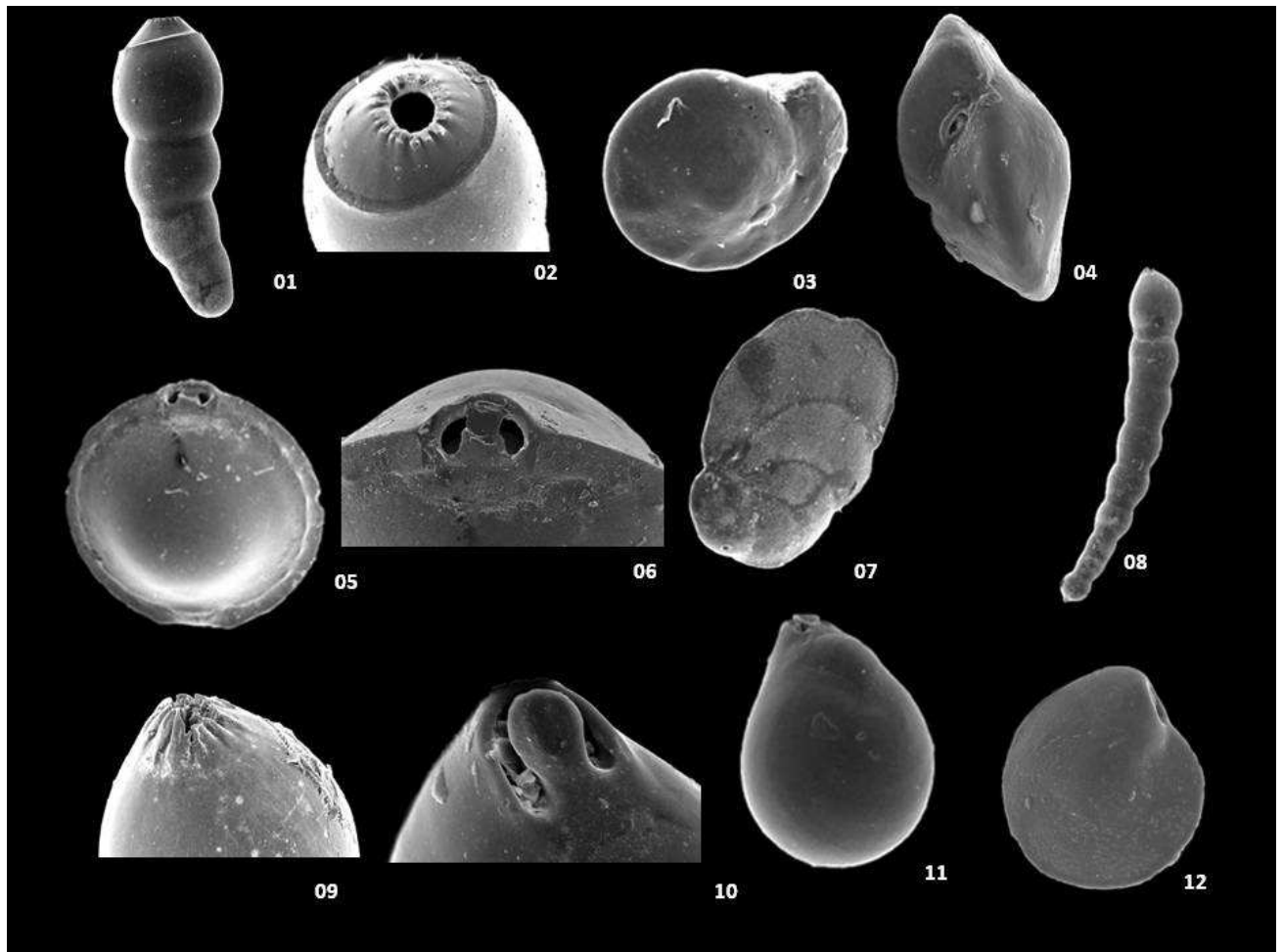


Lámina 08- Figura 01- *Dentalina* spp. X45 02- *Dentalina* spp. X95 03- *Oridorsalis umbonatus* X330 04- *Oridorsalis umbonatus* X420 05- *Pyrgo murrhina* X200 06- *Pyrgo murrhina* X150 07- *Cancris auriculus* X150 08- *Laevidentalina consobrina* X25 09- *Laevidentalina consobrina* X140 10- *Pyrgoella sphaera* X350 11- *Pyrgoella sphaera* X250 12- *Islandiella cf. australis* X450.

Lámina 09

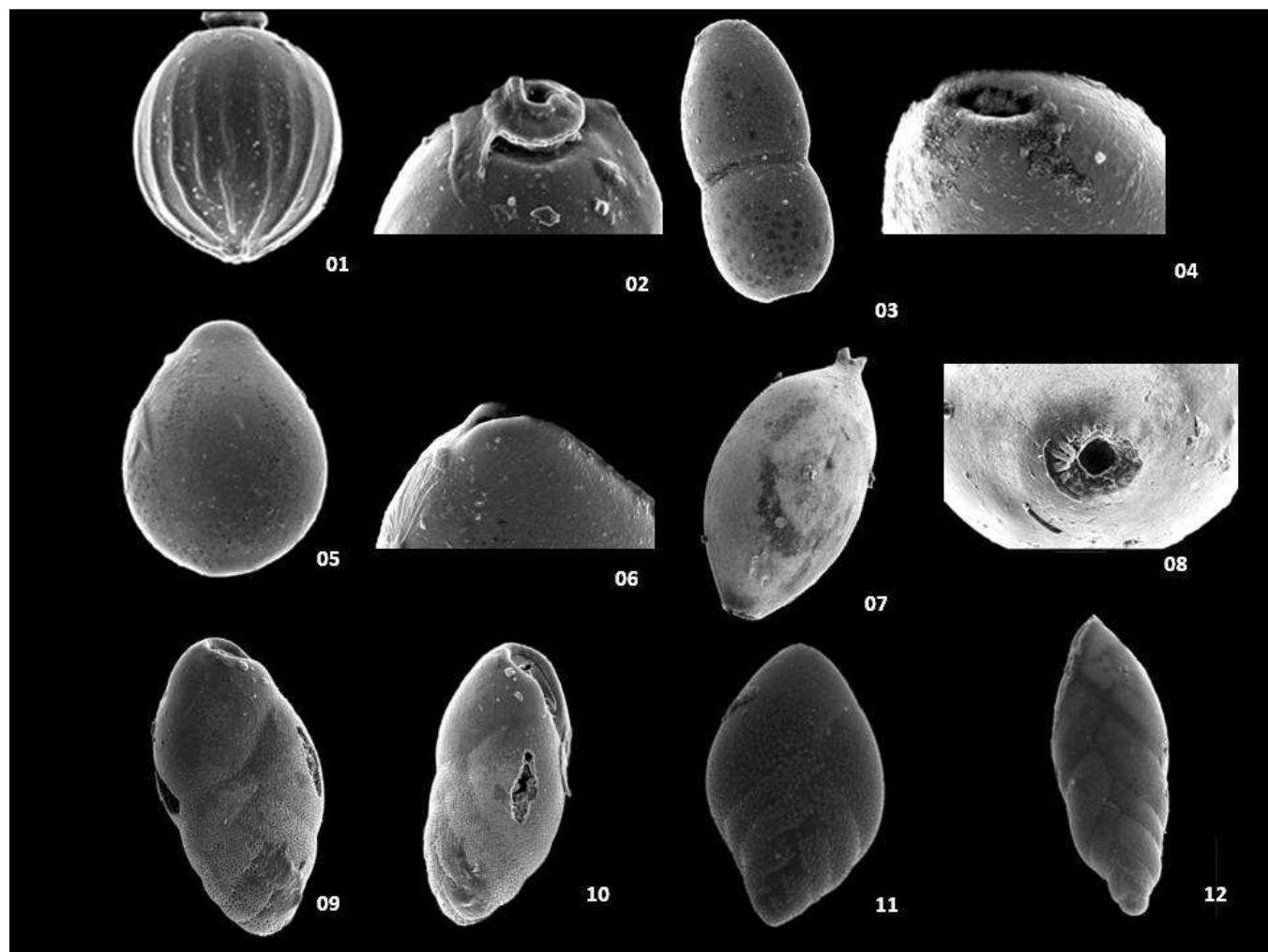


Lámina 09- 01- Parte de foraminífero Rotaliida uniserial X330 02- Parte de foraminífero Rotaliida uniserial X550 03- *Neolingulina viejoensis* X500 04- *Neolingulina viejoensis* X1200 05- *Fissurina compressa* X750 06- *Fissurina compressa* X1200 07- *Globulina* sp. X80 08- *Globulina* sp. X220 09- *Rutherfordoides mexicana* X200 10- *Rutherfordoides mexicana* X270 11- *Rutherfordoides cornuta* X300 12- *Rutherfordoides rotundiformis* X450.

