



TESINA PARA OPTAR POR EL GRADO DE LICENCIADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

**Caracterización biogeoquímica del margen continental uruguayo
en un perfil batimétrico entre los 29 y 3800 m de profundidad
(Atlántico Sudoccidental)**

Matilde Rodríguez Urquiola

Orientadora: Dra. Leticia Burone Magariños, Grupo CINCYTEMA, IECA, Facultad de Ciencias, Udelar

Tribunal: Dra. Paula Franco Fraguas, Dra. Patricia Eichler y Dra. Leticia Burone

Montevideo, Uruguay

Junio, 2020

Índice

AGRADECIMIENTOS.....	4
ABREVIACIONES.....	5
RESUMEN.....	6
1. INTRODUCCIÓN	
1.1 Contexto general.....	8
1.2 Caracterización ambiental del margen continental: un enfoque <i>multiproxy</i> ...	9
1.3 Importancia del estudio del MCU.....	11
1.4 Hipótesis de trabajo.....	12
1.5 Objetivo general	12
1.6 Objetivos específicos.....	12
2. MATERIALES Y MÉTODOS	
2.1 Área de estudio.....	13
2.1.1 Contexto geológico, oceanográfico y sedimentológico del área de estudio.....	15
Hidrodinámica	
Geomorfología y Sedimentología	
2.2 Análisis abiótico.....	18
2.3 Análisis biótico.....	20
2.4 Análisis estadísticos.....	20
3. RESULTADOS	
3.1 Condiciones oceanográficas de acuerdo a la bibliografía.....	21
3.2 Parámetros granulométricos.....	22
3.3 Geoquímica	
3.3.1 Indicadores de fuente de sedimentos.....	25
Elementos mayores y sus razones	
3.3.2 Indicadores de productividad marina y ambientes de depósito/erosión..	27
3.3.3 Indicadores del origen de la materia orgánica.....	29
3.4 Análisis de componentes principales (ACP).....	31
3.5 Resultados Bióticos	
3.5.1 Densidades y Composición taxonómica de foraminíferos bentónicos..	31
3.5.2 Densidades y Composición taxonómica de foraminíferos planctónicos.	34
3.5.3 Otros organismos marinos.....	35
3.6 Correlaciones lineales de Pearson.....	35
4. DISCUSIÓN	
Textura, origen del sedimento y su relación con la geomorfología de fondo....	37

<i>Impronta de la Productividad marina</i>	41
<i>Bioindicadores de masa de aguas y disolución de CaCO₃ (CCD)</i>	44
5. CONCLUSIONES.	45
6. BIBLIOGRAFÍA.....	47
7. ANEXOS.....	59

AGRADECIMIENTOS

A Leticia Burone, mi tutora, por acompañarme y guiarme en este proceso de la realización de la tesina de grado y desde hace ya hace unos años cuando nos conocimos en el curso de Oceanografía y conocí por primera vez su gusto por la oceanografía geológica el cual supo transmitirme.

Al Instituto Oceanográfico de la Universidad de San Pablo (IO-USP), al Dr. Michel Mahiques y Dra. Marcia Bícago por permitir realizar en sus laboratorios los análisis granulométricos y geoquímicos de la tesina. A Edilson, Samara y Gilberto por su ayuda. También agradecer a ANCAP por el material utilizado en este trabajo.

Además me gustaria agradecer al tribunal, Paula y Patricia, por su tiempo dedicado.

A María Elena por ser una amiga y compañera excelente de laboratorio, con la cual aprendimos mucho juntas desde foraminíferos hasta como hacer juegos de oceanografía para escolares y como no tomarse omnibus en Sao Paulo. También agradecer a Viviana y Sandro por la compañía en las largas horas de lupa en el laboratorio y su ayuda en la identificación de foraminíferos.

Agradecer a mi familia, abuelos, mis padres y mi hermano por estar siempre apoyando en la carrera y en mis desiciones que hicieron postergar el recibimiento.

A mí gran compañero de la vida Jairo que está ahí desde el comienzo de facultad, alentandome y acompañando.

A mis queridas amigas Cris y Majo al firme desde el liceo, que aunque no entienden lo que les hablo cuando les cuento de mi tesis siempre están ahí. A Nati y Eli primas y amigas. Al grupo hermoso de gurises que conocí en facultad: Jeny (tremenda compañera de muuuchas horas de laboratorio), Sofi, Katia, Lucy, Noe, Mar, Flo, Cle, Santi, Bruno y Cecilia. Y un fuerte abrazo a todos los Waku queridos!

ABREVIACIONES

AC: Agua costera

ACAS: Agua central del Atlántico sur/ **AST:** Agua subtropical

ACPI: Agua circumpolar profunda inferior

AIA: Agua intermedia Antártica

APAN: Agua profunda del Atlántico Norte

APANG: Agua Profunda del Atlántico Norte Glacial

ASO: Atlántico sudoccidental

ASA: Agua subantártica

ASAP: Agua Subantártica de Plataforma

ASTP: Agua Subtropical de Plataforma

AT: Agua tropical

CB: Corriente de Brasil

CBM: Confluencia Brasil-Malvinas

CM: Corriente de Malvinas

FSTP: Frente subtropical de plataforma

MCU: Margen Continental Uruguayo

MO: Materia orgánica

PP: Producción primaria

RdIP: Río de la Plata

SCS: Sistema de cañones submarinos

UMG: Último máximo glacial

RESUMEN

El Margen Continental Uruguayo (MCU) se encuentra dentro de una compleja hidrografía producto de la mezcla de aguas oceánicas advectadas desde zonas adyacentes con características contrastantes (Corriente de Brasil y Corriente de Malvinas y el Frente Subtropical de Plataforma; FSTP), se suman también modificaciones a causa de intercambios con la atmósfera y la descarga continental del Río de la Plata (RdIP). Aún se conoce poco de la influencia de este complejo sistema hidrológico y de la zona de transición entre (FSTP) y la Confluencia Brasil-Malvinas (CBM) sobre la biogeoquímica de los sedimentos en el Atlántico Sudoccidental, por lo tanto, es crítico su conocimiento para la interpretación paleo-ambiental registrada en sus depósitos y para modelar ciclos de nutrientes sobre el MCU. Para esto los análisis *multiproxy* (análisis de las características biogeoquímicas y la distribución de los diferentes componentes del sedimento) son un buen abordaje para inferir las fuentes de dichos sedimentos así como los factores ambientales que los controlan. Los *Proxies* más utilizados son: tamaño de grano y parámetros estadísticos (media, clasificación, asimetría y curtosis); ciertos elementos mayores (Fe, Ca, P, Al y Ti) y sus razones (Fe/Ca, Ti/Ca, Ti/Al); los isótopos estables de la materia orgánica ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$); elementos como C_{org} , N_{tot} , porcentajes de CaCO_3 ; además se utilizan *proxies* biológicos como foraminíferos bentónicos y planctónicos. El objetivo de esta tesina es realizar una caracterización biogeoquímica de la región sur del MCU (entre 29-3800 m de profundidad). Para lograr éste, se determinarán las características y distribución de diferentes componentes del sedimento en el área de estudio. Esta distribución se interpretará en relación a la geomorfología del fondo marino y a las condiciones oceanográficas de la región. Esto aportará para la mejor comprensión de la dinámica y condiciones sedimentarias de esta región del MCU. Para poder llevar a cabo este objetivo se analizaron 9 muestras de sedimento superficial entre las isóbatas de 29 y 3800 metros de profundidad, el material fue obtenido durante la Campaña oceanográfica Ancap 0316, en el buque (B/O) Sarmiento de Gamboa. Sobre las muestras se realizaron análisis abióticos: Análisis granulométrico mediante un sedimentómetro laser Malvern Mastersizer 2000; Cálculo del carbono orgánico (C_{org}), nitrógeno total (N_{tot}), razón C/N y análisis de isótopos estables de la materia orgánica presentes en el sedimento ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$) utilizando un equipo Finnigan Delta V Plus acoplado con un Costech Elemental Analyser. También se analizaron los elementos mayores Ca, Ti y Fe con un dispositivo S1 TITAN mediante la técnica de fluorescencia por rayos X (XRF). Para el análisis biótico de la microfauna de foraminíferos se tamizó 50 cm^3 de sedimento superficial separando por fracciones de tamaño (125 y 63 micras) e identificando los diferentes géneros presentes mediante microscopio estereoscópico. Se encontraron diferencias en la composición granulométrica desde arenas principalmente en plataforma y talud superior y arcillas y limos en talud inferior. Denotando

un ambiente de mayor energía en los lugares menos profundos con microfauna asociada a estas características como los foraminíferos miliolinidos (*Quinqueloculina* spp.) y la existencia de una paleo-costa con los porcentajes de CaCO_3 más elevado. Las estaciones de talud con mayor contenido de sedimentos finos presentaron los valores de MO, C_{org} , N_{tot} , más elevados y por lo tanto las mayores densidades de foraminíferos bentónicos y planctónicos, el origen de esta MO fue marino. En las estaciones de talud inferior fue posible identificar aportes de sedimentos de origen del RdIP debido a las relaciones de Fe/Ca y Ti/Ca más elevadas y en las estaciones de talud superior y plataforma externa aportes de sedimentos de origen Pampeano. Los foraminíferos planctónicos y bentónicos presentes permitieron denotar la productividad local y la compleja hidrografía del área con la influencia principal de aguas frías (ASA, AIA, APAN, ACPI) pero también con la presencia de aguas de transición y aguas cálidas.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Contexto general

El margen continental (i.e. plataforma, talud y elevación continental), es una región dinámica de ingreso, producción y depósito de partículas sedimentarias orgánicas e inorgánicas. A pesar de ocupar menos del 15% de la superficie sumergida, contribuye con el 25% de la producción primaria global y más del 90% del carbón orgánico total es capturado en los sedimentos del fondo (Berner, 1982; Jorgensen, 1982). El aporte de nutrientes continentales y de masas de agua profundas permite altas tasas de producción primaria que se ven reflejadas en las tasas de producción pelágica y bentónica. Además, al actuar como trampa de sedimento terrígeno promueve la deposición de minerales y de partículas orgánicas asociadas (Walsh, 1991).

De todas formas, solamente una pequeña fracción de la producción primaria (PP) generada en la superficie del océano alcanza el sedimento del océano profundo. 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).

Asimismo, el margen continental contiene algunos de los sistemas sedimentarios más dinámicos del planeta con altísimas tasas de sedimentación y erosión asociadas a procesos hidrodinámicos. El conocimiento sobre la dinámica sedimentaria actual del margen es crítico para la interpretación paleo-ambiental registrada en sus depósitos y para modelar ciclos de nutrientes.

Debido a estas características, el margen continental es particularmente relevante en los ciclos biogeoquímicos de los elementos (Walsh, 1991), en el secuestro de carbono en el sistema atmósfera-océano con implicancias evidentes en el cambio climático (Muller-Karger *et al.*, 2005), como reservorios de registros de cambios climáticos (Nittrouer *et al.*, 2007) y como reserva de biodiversidad (Danovaro *et al.*, 2009). A su vez es el principal escenario para el tendido de cables, las industrias de hidrocarburos y pesquerías (De Santa Ana *et al.*, 2008; Marin *et al.*, 2014).

1.2 Caracterización ambiental del margen continental: un enfoque *multiproxy*

Los procesos de sedimentación que ocurren a lo largo del margen continental están controlados por una compleja combinación de factores ambientales que actúan a escala global y regional. Mientras que la descarga continental, las tasas de producción primaria y el clima continental determinan la entrada de partículas sedimentarias al sistema, los cambios en el nivel del mar, la topografía y la hidrodinámica del océano actual controlan la distribución y sedimentación de estas partículas a lo largo del margen continental (Krissek *et al.*, 1980; Viana *et al.*, 1998; McCave, 2002; Boyd *et al.*, 2004; Mahiques *et al.*, 2004). De este modo, para entender la dinámica de sedimentación de un determinado margen continental es preciso comprender el comportamiento, la importancia relativa y la interacción de los diferentes actores en cada escenario particular.

Asimismo, analizando las características biogeoquímicas y la distribución de los diferentes componentes del sedimento es posible inferir las fuentes de dichos sedimentos así como los factores ambientales que los controlan (Mahiques *et al.*, 2004; Franco-Fraguas *et al.*, 2015; Burone *et al.*, 2019).

El sedimento superficial del fondo marino proporciona una variedad de *proxies* (indicadores de variables ambientales no observables) biogeoquímicos útiles en la caracterización de un ambiente de sedimentación (Wefer *et al.*, 1999). Varios trabajos han demostrado que la distribución espacial de dichos indicadores asociados al sedimento revela la existencia de facies sedimentarias que están fuertemente relacionados a las condiciones hidrológicas y morfológicas locales (Mahiques *et al.*, 1999, 2004; Burone & Pires-Vanin, 2006; Burone *et al.*, 2007; Campos *et al.*, 2008; Nagai *et al.*, 2009; Burone *et al.*, 2013; Franco-Fraguas *et al.*, 2014; Burone *et al.*, 2019). Los factores que controlan los procesos sedimentarios interactúan de forma compleja sobre el ambiente de deposición por lo que para lograr una caracterización ambiental del margen continental el estudio de un conjunto de indicadores ambientales es considerado el mejor abordaje (Mahiques *et al.*, 2004; Burone *et al.*, 2013; Franco-Fraguas *et al.*, 2016), lo que se llama estudio *multiproxy* (Saito *et al.*, 1989; Dymond *et al.*, 1992; Paytan *et al.*, 1993; Wefer *et al.*, 1998; Murray, 2006; Mahiques *et al.*, 2009; Burone *et al.*, 2013).

Los *proxies* más utilizados para la caracterización de un determinado ambiente son el tamaño de grano y parámetros estadísticos (media, clasificación, asimetría y curtosis); ciertos elementos mayores (Fe, Ca, P, Al y Ti) y sus razones (Fe/Ca, Ti/Ca, Ti/Al); los isótopos estables de la materia orgánica ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$); elementos como C_{org} , N_{tot} , porcentajes de CaCO_3 (Burone *et al.*, 2013; Franco-Fraguas *et al.*, 2014, 2016; Burone *et al.*, 2019).

De esta forma, la distancia entre la fuente y el sitio de deposición del sedimento, la energía del ambiente de deposición así como las condiciones del clima de la región son reflejadas en la textura de las partículas litológicas (Heberer *et al.*, 2010; Franco-Fraguas *et al.*, 2015). Los elementos hierro (Fe) y titanio (Ti) así como sus razones con el calcio (Fe/Ca y Ti/Ca) son utilizados como indicadores de aporte terrígeno (Arz *et al.*, 1998; Mahiques *et al.*, 2009, Burone *et al.*, 2013; Franco-Fraguas *et al.*, 2015). En los sedimentos marinos, el Ti se encuentra en mayor proporción en los sedimentos gruesos (Schütz & Rahn, 1982; Shiller, 1982) mientras que el Al se asocia a sedimentos finos (arcillosos) (Biscaye, 1965; Schütz & Rahn, 1982; Shiller, 1982). Además, se utiliza la relación Ti/Al la cual refleja el grado de meteorización química en áreas sin aportes eólicos significativos como en el Atlántico Sudoccidental (Govin *et al.*, 2012; Razik *et al.*, 2015) y en el Río de la Plata (Mahowald *et al.*, 2006; Pérez *et al.*, 2016; Burone *et al.*, 2019), es un buen indicador de cambios ambientales y se caracteriza por valores bajos en áreas de depósito (Lim *et al.*, 2006; Mahiques *et al.*, 2009). Es así que estas razones han sido utilizadas como *proxies* regionales para determinar entrada fluvial en la plataforma continental uruguaya interna. Por otro lado, los patrones de distribución de la materia orgánica asociados al sedimento (C, N y C/N) y el análisis isotópico de la misma ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$) brindan información acerca de la productividad marina local así como del origen y calidad de la materia orgánica (i.e. terrestre o marina; Mahiques *et al.*, 1999, 2004; Burone & Pires-Vanin, 2006; Nagai *et al.*, 2009; Burone *et al.*, 2011; Burone *et al.*, 2013). La concentración relativa de carbonato de calcio (CaCO_3) en el sedimento refleja la contribución relativa de partículas biogénicas al fondo marino, proveniente principalmente de caparazones de foraminíferos y cocolitofóridos (Mahiques *et al.*, 2004; Burone *et al.*, 2011; De Mello *et al.*, 2014; Franco-Fraguas *et al.*, 2014).

Además, las condiciones ambientales de una región integradas en el tiempo y espacio son reflejadas en las asociaciones de foraminíferos bentónicos (Burone & Pires-Vanin, 2006; Souza *et al.*, 2006; Burone *et al.*, 2006, 2007; Burone *et al.*, 2011, 2013; Yamashita *et al.*, 2018). La combinación de parámetros oceanográficos, tróficos y sedimentológicos determina la distribución, estructura de la comunidad y la abundancia de foraminíferos bentónicos y planctónicos (Mackensen *et al.*, 1995; Schmiedl *et al.*, 1997; Burone & Pires-Vanin, 2006; Burone *et al.*, 2006, 2007; Souza *et al.*, 2006; Burone *et al.*, 2011, 2013).

Estos organismos protistas son uno de los microfósiles marinos más ampliamente estudiados (Murray, 2006). Son considerados excelentes indicadores de la edad geológica ya que presentan gran variabilidad y abundancia en el sedimento, ciclo de vida relativamente corto, amplia distribución geográfica y gran sensibilidad a las variaciones físicas y químicas de su

medio ambiente. Condiciones tales como las características de las masas de agua (temperatura y salinidad) son importantes a la hora de explicar la distribución espacial y composición de la fauna de los foraminíferos (Boltovskoy, 1965; Schönfeld, 1997; Sousa *et al.*, 2006).

Los foraminíferos bentónicos pueden habitar en la superficie del sedimento (epifaunales) o pueden vivir enterrados en el sedimento (infaunales) y son capaces de utilizar diversos mecanismos tróficos para establecerse y sobrevivir en el ambiente (Goldstein, 1999; Murray, 2006). Estos son denominados *microhábitats* (epifaunal o infaunal) y son característicos de cada especie o género como una adaptación para conseguir alimento (Linke & Lutze, 1993). Las preferencias por el *microhabitat* son determinadas por la cantidad de materia orgánica que llega al fondo y el oxígeno presente en las masas de agua de fondo (Gooday, 1988, 1993; Jorissen *et al.*, 2007). El flujo, estacional, de carbono orgánico lábil que desciende en los océanos profundos, desde las capas superficiales, es la principal fuente de alimento para organismos bentónicos (Gooday, 1988). De esta manera y solamente aplicable para océanos profundos, Jorissen *et al.* (1995), elaboraron un modelo conceptual para el océano profundo denominado TROX (Trophic Oxygen), que explica cómo los *microhábitats* de foraminíferos bentónicos varían en función de la interacción entre la disponibilidad de alimentos y la concentración de oxígeno. Esta disponibilidad se refleja en la profundidad habitada y en la morfología del caparazón (Corliss, 1985, 1991; Corliss & Chen, 1988). De acuerdo con este modelo, en ambientes oligotróficos y bien oxigenados los foraminíferos habitan la superficie del sedimento, siendo principalmente especies epifaunales. Mientras que en ambientes eutróficos y disódicos están dominados principalmente por especies infaunales. Es así que, en condiciones de oligotrofia un nivel crítico de alimentos determina la profundidad de penetración de la mayoría de las especies, mientras que habiendo abundancia de nutrientes, un nivel crítico de oxígeno determina esta profundidad.

1.3 Importancia del estudio del MCU

El Atlántico Sudoccidental (ASO) comprende uno de los márgenes continentales pasivos con mayor extensión en el mundo y está influenciado por uno de los sistemas hidrológicos más complejos en la dinámica oceánica global. Este ha sido desarrollado durante la formación del Océano Atlántico durante el Cretácico superior (Hinz *et al.*, 1999; Franke *et al.*, 2007). Dentro del ASO, el margen continental uruguayo (MCU) está constituido por tres cuencas: cuencas Punta del Este, Pelotas y Oriental del Plata (de Santa Ana *et al.*, 2009; Soto *et al.*, 2011). En el continente, la cuenca del RdIP presenta un área de 3,1 millones de Km² representando la segunda cuenca hidrográfica de América del Sur. El RdIP, representa la mayor descarga

fluvial del ASO (23.000 m³/s de caudal fluvial medio anual y 57.000.000 m³/año de sedimento para el Océano Atlántico) (Framiñan & Brown, 1996). Éste forma un gran estuario caracterizado por un régimen de cuña salina, marea semidiurna de baja amplitud (<1 m) y una amplia y permanente conexión con el mar (Guerrero & Piola, 1997).

Si bien el conocimiento de la circulación en la región es amplio, existe poco conocimiento relacionado a la influencia de este complejo sistema hidrológico sobre la biogeoquímica de los sedimentos en el Atlántico Sudoccidental. En este sentido, el conocimiento sobre la dinámica sedimentaria actual del margen es crítico para la interpretación paleo-ambiental registrada en sus depósitos y para modelar ciclos de nutrientes.

El MCU, ubicado frente a la desembocadura del Río de la Plata y la zona de transición entre el Frente Subtropical de Plataforma (FSTP) y la confluencia Brasil-Malvinas (CBM), se localiza en un área estratégica a nivel del ASO. No obstante, los estudios en la sedimentación moderna son escasos y gran parte del margen uruguayo es aún desconocido.

1.4 Hipótesis de trabajo

Se espera obtener en el registro sedimentar una impronta bigeoquímica determinada que permita evidenciar las diferentes características y controles ambientales (hidrodinámica, fuente de sedimento, productividad marina, etc) en las diferentes provincias fisiográficas presentes a lo largo del transecto.

1.5 Objetivo general

Realizar una caracterización biogeoquímica de una región del margen continental uruguayo (entre 29-3800 m de profundidad) en la región sur del MCU. Para lograr este objetivo, se determinarán las características y distribución de diferentes componentes del sedimento en el área de estudio. Esta distribución se interpretará en relación a la geomorfología del fondo marino y a las condiciones oceanográficas de la región. Esto aportará para la mejor comprensión de la dinámica y condiciones sedimentarias de esta región del MCU.

1.6 Objetivos específicos

- Identificar el patrón de distribución del sedimento en función de las características granulométricas y parámetros estadísticos del sedimento así como, del contenido de carbonato de calcio.
- Analizar origen del sedimento utilizando los elementos Ca, Fe, Ti y las razones Fe/Ca y Ti/Ca.
- Identificación del patrón de distribución (cantidad y origen) de la materia orgánica

depositada en el sedimento a través del análisis del carbono orgánico (C_{org}), nitrógeno total (N_{tot}), razón C/N y composición isotópica ($\delta^{13}C$ y $\delta^{15}N$).

- Identificar los foraminíferos presentes a nivel de género.
- Definir géneros característicos de diferentes batimetrías y correlacionarlos con la hidrodinámica regional.
- Asociar la fauna con los diferentes parámetros del sedimento analizados.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Área de estudio

El muestreo fue llevado a cabo en el MCU en el Atlántico Sudoccidental, durante la Campaña oceanográfica Ancap 0316, en el buque (B/O) Sarmiento de Gamboa. Fueron analizadas 9 muestras de sedimento superficial de plataforma y talud entre las isóbatas de 29 y 3800 metros de profundidad (Tabla 1). Las mismas se obtuvieron utilizando un mega Box-Corer (Modelo CMS Geotech USNEL mega Box-Corer de 900 kg de peso) (Figura 1 y 2).

Utilizando el software Google Earth Pro se construyeron dos perfiles donde se posicionaron, en función de la batimetría y las coordenadas, las estaciones en estudio. Se calculó la pendiente del talud en ambos perfiles, se transformó el dato obtenido por el programa (porcentaje de inclinación) a grados.

Tabla 1. Coordenadas (en decimales) y profundidad de las estaciones de muestreo.

Estación	Longitud (°)	Latitud (°)	Profundidad (m)
22	-54.79	-35.41	29
4	-54.8	-36.2	48
7	-54.2	-36.81	144
8	-54.0	-37.0	1174
9	-53.8	-37.2	1183
10	-53.59	-37.4	1313
11	-52.6	-37.6	3795
12	-52.8	-37.4	3521
13	-52.99	-37.2	3268

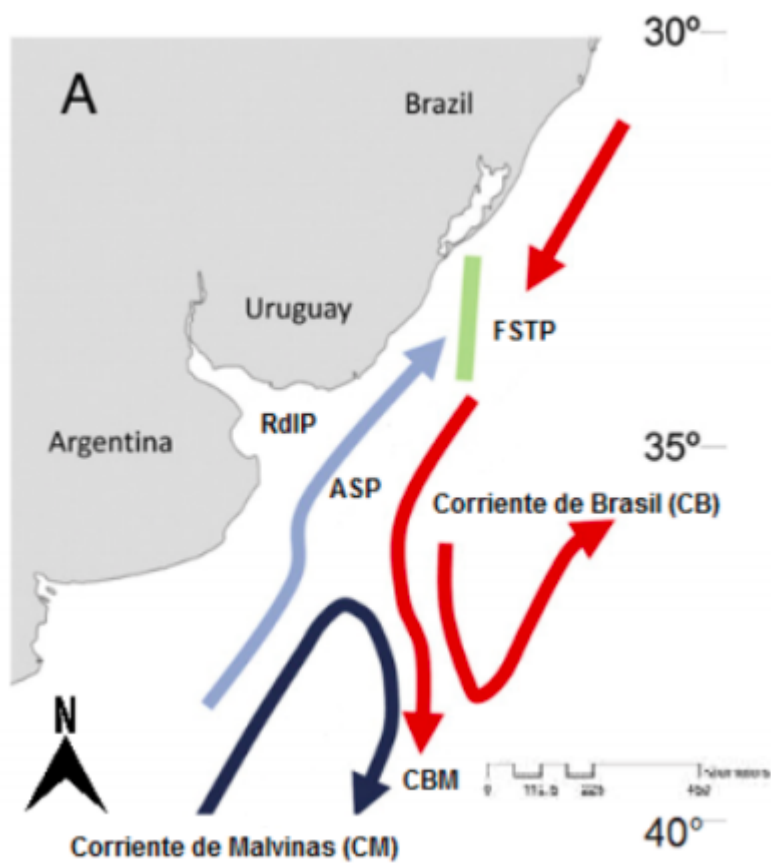


Figura 1. Esquema de la circulación regional sobre la plataforma y talud continental del Atlántico Sudoccidental, extraído de Franco Fraguas *et al.* (2014), modificado de Matano *et al.* (2010). FSTP: Frente Subtropical de Plataforma, CBM: Confluencia Brasil - Malvinas, ASP: Aguas Subantárticas de Plataforma, RdIP: Río de la Plata.



Figura 2. Área de estudio con las 9 estaciones de muestreo analizadas.

2.1.1 Contexto geológico, oceanográfico y sedimentológico del área de estudio

El margen del Atlántico Sudoccidental (ASO) se extiende desde Cabo Frío, Brasil (23°S) al Banco Burdwood, Argentina (55°S). Es relativamente estrecho en su límite norte (70km cerca de Cabo Frío) y se ensancha progresivamente hacia el sur, llegando a un máximo de 860 km en 51°S (Argentina). La geomorfología del MCU es consecuencia de los procesos de transgresión y regresión que ocurrieron principalmente a lo largo del Cuaternario (Urien & Ewing, 1974; Martin *et al.*, 2003; Lantich *et al.*, 2014).

Hidrodinámica

La compleja hidrografía del MCU es producto de la mezcla de aguas oceánicas advectadas desde zonas adyacentes y modificaciones a causa de intercambios con la atmósfera y descarga continental (Guerrero & Piola, 1997).

Por un lado, la circulación consiste en un flujo hacia el ecuador de aguas frías, poco salinas y ricas en nutrientes provenientes del sur (Corriente de Malvinas; CM) y un flujo hacia el polo de aguas cálidas, salinas y oligotróficas provenientes del norte (Corriente de Brasil; CB) (Peterson & Stramma, 1991). Éstas generan la convergencia Brasil Malvinas (CBM) con una variación estacional e interanual que depende del régimen del viento, próximo a los 39 °S en el verano austral y a los 36 °S en invierno con posición media alrededor de 38 °S (Schimid & Garzoli, 2009; Tomczak & Godfrey, 2003). Entre las masas de agua que llegan a la plataforma continental uruguaya transportadas hacia el sur por la CB encontramos el Agua Tropical, AT, que fluye entre 0 y 100m con temperaturas potenciales de $\theta > 20^{\circ}\text{C}$ y salinidades $S > 36$ (Piola & Gordon, 1989) y el Agua Central del Atlántico Sur o Subtropical, ACAS o AST, (100-600m; $10^{\circ}\text{C} < \theta < 20^{\circ}\text{C}$ y $34.2 < S < 36$; Sverdrup *et al.* 1942) que fluye por debajo de la anterior y se origina en el Frente Subtropical de plataforma (Emilsson, 1961; Thomsen, 1962; Franco-Fraguas *et al.*, 2014). Mientras que las masas de agua advectadas hacia el norte por la CM son el Agua Subantártica, ASA, (0-400m, en superficie; Thomsen, 1962) con temperaturas entre 4 y 15 °C y salinidad entre 33.7 y 34.15 (Piola & Gordon, 1989) y el Agua Intermedia Antártica, AIA, (600-1000m; con $3^{\circ}\text{C} < \theta < 6^{\circ}\text{C}$ y $34.2 < S < 34.6$; Sverdrup *et al.*, 1942; Tomczak & Godfrey, 1994; Piola *et al.*, 2000; Matano *et al.*, 2010). Esta última, AIA, también recircula hacia los polos por debajo de la CB en el Giro Subtropical aumentando su salinidad y disminuyendo su contenido de oxígeno disuelto, conocida como masa AIA recirculada (Boebel *et al.*, 1999; Piola & Matano, 2001; Nuñez- Riboni *et al.*, 2005; Franco-Fraguas *et al.*, 2014). Luego a mayores profundidades el fondo marino está bañado por la masa de Agua Profunda del Atlántico Norte, APAN, (>1000 ; rica en oxígeno $\sim 250 \mu\text{mol kg}^{-1}$ con una temperatura potencial relativamente alta $\theta \sim 3^{\circ}\text{C}$ y Salinidad ~ 34.8) desplazándose hacia el sur (Strama & England, 1999; Silveira *et al.*, 2000; Piola & Matano, 2001; Matano *et al.*, 2010), y desplazándose hacia el norte por el Agua Circumpolar profunda Superior e Inferior (ACPS y ACPI respectivamente) y el Agua Antártica de Fondo, AAF, (Stramma & England, 1999; Frenz *et al.*, 2003) que circula por debajo de los 4000 m de profundidad y es poco oxigenada y fría ($\text{O}_2 \sim 225 \mu\text{mol kg}^{-1}$, $\theta < 0^{\circ}\text{C}$; Laprida *et al.*, 2014). Ambas masas de agua (ACP y AAF) se caracterizan por ser ricas en nutrientes (Alleman *et al.* 2001, Piola & Matano 2001). Por otro lado se encuentran las aguas costeras, AC, (salinidades < 33.2 , Guerrero & Piola, 1997) principalmente del Río de la Plata (RdIP) y son el mayor flujo de agua dulce en el área, $\sim 34^{\circ}\text{S}$, contribuyendo a la complejidad del sistema (Ortega & Martínez, 2007). El AC presenta variabilidad estacional con un máximo en Marzo - Junio y Setiembre -

Octubre y un mínimo durante el verano (Guerrero *et al.*, 1997; Nagy *et al.*, 2002).

Producto de la mezcla con aguas continentales sobre la plataforma pueden distinguirse el Agua Subantártica de Plataforma (ASAP) y el Agua Subtropical de Plataforma (ASTP) (Piola *et al.*, 2000) las cuales fluyen por la plataforma interna y confluyen ocasionando un frente de salinidad y temperatura (Frente Subtropical de plataforma; FSTP) que parece ser la continuación en plataforma del frente originado en la confluencia oceánica Brasil-Malvinas (Piola *et al.*, 2000, 2008).

El FSTP parece permanecer estable todo el año y se ubica entre los 32°S (50 m de profundidad) y los 36°S sobre el borde de la plataforma (Piola *et al.*, 2000; Möller Jr. *et al.*, 2008). A pesar de esto, según Rabellino (2016) el frente puede presentar momentos de discontinuidad a lo largo del año y ser permeable al pasaje de larvas de peces.

Geomorfología y Sedimentología

El margen continental uruguayo se caracteriza por ser un margen pasivo. La plataforma continental tiene una pendiente suave con una extensión promedio de 120 km (Urien & Ewing, 1974) y presenta sobre la plataforma media y externa (aprox. 5m) arena cuarcítica relictual cuya distribución está gobernada por las corrientes de plataforma provenientes del sur que desplazan masas de agua Subantárticas de Plataforma. Además gran parte de la descarga continental del RdIP es depositada en la desembocadura del río y hacia el noreste a lo largo de una facies limo-arcillosa (“pozos de fango”) en la plataforma continental interna (Urien & Ewing, 1974; Burone *et al.*, 2013; Burone *et al.*, 2014; Lantzsch *et al.*, 2014; Burone *et al.*, 2019). Esta facies se corresponde con el paleocanal del RdIP (López-Laborde, 1987; Martins *et al.*, 2003). La zona de quiebre de plataforma se encuentra a una profundidad de entre 160 y 220 m (Urien & Ewing, 1974; Muñoz *et al.*, 2010, Hernández-Molina *et al.*, 2015). En el talud continental, existe evidencia de influencia de procesos verticales, transversales y longitudinales (Krastel *et al.*, 2011; Bender *et al.*, 2013; Franco-Fraguas *et al.*, 2014, 2017; Hernández-Molina *et al.*, 2015). Existe una lengua de sedimento litogénico relativamente grueso a la altura del RdIP hasta los 4000 m de profundidad, que se interpreta como la sedimentación de partículas terrígenas producto de la descarga de dicho río en el talud inferior (Frenz *et al.*, 2003). Se estima a partir de biomarcadores geoquímicos (fenoles lignicos) y de contenido de hidrógeno que una fracción importante del carbono orgánico marino (entre 40-50%) es materia orgánica terrestre proveniente de plantas no leñosas (angiospermas) (Frenz *et al.*, 2003; aunque los autores afirman que estos datos no son suficientes para concluir esto). Sin embargo, también observaron un desacople del flujo de materia orgánica entre superficie y fondo sugiriendo su ingreso al sistema por transporte lateral, desde la plataforma argentina, mediante procesos gravitacionales de pequeña escala. Krastel *et al.*, (2011) mediante estudios sísmicos y de estructuras sedimentares registraron deslizamientos

(*landslides*) en el talud continental medio e inferior. Influencia de procesos contorníticos en el talud medio fueron registrados por Hernández-Molina *et al.*, (2011; 2015) y Preu *et al.*, (2011) a partir de análisis de estructuras sedimentarias en perfiles sísmicos. Estos autores registraron depósitos (*drifts*) y terrazas de erosión y depósitos contorníticos asociados al Agua Intermediaria Antártica (AIA). Asimismo, Krastel *et al.*, (2011) registraron una escarpa asociada al núcleo del AIA y una terraza erosiva y un *drift* inmediatamente *onshore* y *offshore* respectivamente, de la misma. El carácter erosivo y/o de no depósito de esta terraza es corroborado por Franco-Fraguas *et al.*, (2011 y 2014) en base a facies superficiales y sub-superficiales con edad presumiblemente del Cuaternario superior.

A lo largo de la plataforma se encuentran islas barreras, montículos submarinos a profundidades inferiores a 327 m con una altura de hasta 24 m y 1200 m de diámetro (Muñoz *et al.*, 2010; Carranza *et al.*, 2012; Franco-Fraguas *et al.*, 2014), escalones y la presencia de un sistema de cañones submarinos (SCS; Franco-Fraguas *et al.*, 2014; Hernández-Molina *et al.*, 2015).

El SCS localizado en el talud continental y la distribución sedimentaria adyacente, todavía evidencian el dominio de procesos transversales (Franco-Fraguas *et al.*, 2014; 2017; Hernández-Molina *et al.*, 2015). Por su parte, Bender *et al.*, (2012) sugieren aporte de arenas relictas desde plataforma al talud superior a lo largo del Holoceno indicando un alto nivel energético del ambiente. Un mapa geomorfosedimentario sintetizando las estructuras y depósitos contorníticos y mostrando procesos transversales (principalmente al norte del MCU) fue presentado por Hernández-Molina *et al.*, 2015. En dicho trabajo, los autores muestran la relación de estas estructuras de fondo y la acción de las masas de agua en la región.

2.2 Análisis abiótico

Para realizar los análisis abióticos del sedimento se secaron las muestras superficiales en estufa a 40°C por 48 horas. El análisis granulométrico y elemental de la materia orgánica de cada muestra se realizó en el Departamento de Oceanografía Física, Química y Geológica del Instituto Oceanográfico IO-USP de la Universidad de Sao Paulo. Los análisis granulométricos se realizaron con un sedimentómetro láser Malvern Mastersizer 2000, para esto previamente se eliminó la materia orgánica de las muestras utilizando solución de peróxido de hidrógeno (H₂O₂) al 10 %, lo cual permitió por diferencia de masa pre y pos ataque, calcular el porcentaje presente en cada muestra, luego fueron decarbonatadas con una solución 1 M de HCl, lavadas tres veces con agua de-ionizada y secadas nuevamente.

Las fracciones de tamaño de las partículas se analizaron según la escala Wentworth (Wentworth, 1922 en Suguio, 2003).

Los porcentajes de carbono orgánico (C_{org}), nitrógeno total (N_{tot}) y los isótopos estables de la materia orgánica presentes en el sedimento ($\delta^{13}C$ y $\delta^{15}N$) se analizaron utilizando un equipo Finnigan Delta V Plus acoplado con un Costech Elemental Analyser. Específicamente para la lectura del $\delta^{13}C$ y del % C_{org} , se extrajo el $CaCO_3$ presente en la muestra y se calculó su porcentaje a partir de la diferencia de masa pre y pos ataque del material con una solución de HCl 10 %.

Para analizar el C_{org} total y la relación isotópica del carbono orgánico, se utilizaron aproximadamente 10 mg de sedimento libres de $CaCO_3$. Dicho material fue colocado en cartuchos de estaño y sometido a análisis elemental e isotópico con el analizador antes mencionado. Para la determinación de N_t y su relación isotópica, se repitió el procedimiento anterior, pero utilizando sedimento sin la eliminación de $CaCO_3$. Dichos análisis se realizaron en el Laboratorio de Química Orgánica Marina (LabQOM) Instituto Oceanográfico de la USP. Posteriormente se calculó la razón C/N.

El C_{org} y el N_{tot} se expresaron en porcentaje. Esta relación se obtiene de la siguiente expresión:

$$\% \text{ muestra} = (\% \text{ estándar} \times \text{masa estándar} / \text{área estándar}) \times \text{área de la muestra}$$

Las relaciones isotópicas se expresan en $\delta (\text{‰}) = [(R \text{ muestra} / R \text{ estándar})^{-1}] \times 1000$ donde:

R muestra: isotópica relación medida en la muestra

R estándar: relación isotópica medida en la norma de referencia.

La calibración para el análisis isotópico se realizó con los estándares USGS-40 y certificado IAEA-600.

El análisis de elementos mayores Ca, Ti y Fe fue realizado utilizando el dispositivo S1 TITAN que mide las concentraciones elementales de una muestra mediante la técnica de fluorescencia por rayos X (XRF), mediante dispersión de energía (EDXRF) y utiliza un tubo de rayos X como fuente de excitación. Para cada muestra se utilizó aproximadamente 1 g de sedimento seco en polvo.

2.3 Análisis biótico

Para las muestras destinadas a los análisis microfaunísticos (foraminíferos bentónicos y planctónicos) se tomó un volumen aproximado de 50 cm³ de sedimento de cada muestra superficial. Las muestras fueron tamizadas a húmedo mediante tamices, de modo de separar la fracción de sedimento grueso (mayor a 125 micras) del fino (entre 125 y 63 micras) y luego se secaron en estufa a 40°C por un período de 24 horas para evitar pérdidas de posibles tecas aglutinantes presentes en el material. Posteriormente, las muestras con gran abundancia de sedimento se sometieron a flotación (cuando fue necesario) mediante una solución de alta densidad (Tricloroetileno - C₂HCl₃) de modo de concentrar la microfauna para luego ser transferidas a papel de filtro y secadas al aire libre. Todos los especímenes se separaron y se ubicaron en láminas micropaleontológicas (portaforaminíferos), mediante la observación por microscopio estereoscópico. En este trabajo se decidió trabajar a nivel de género ya que este permite inferir las características ambientales deseadas.

La identificación de foraminíferos bentónicos y planctónicos se realizó usando bibliografía especializada: Boltovskoy *et. al.* (1980), Loeblich y Tappan (1988), de Mello *et al.*, 2006; de Mello (2013) y Petró (2019). También fue utilizado como referencia taxonómica actual el sitio web *World Register of Marine Species* (WoRMS, <http://www.marinespecies.org/>).

Como descriptores biológicos de las asociaciones de foraminíferos se utilizaron la densidad total de individuos para las fracciones de tamaño de 125 y 63 µm en cada muestra y la suma del número de foraminíferos de la fracción 63 µm (D63) y de la fracción 125 µm (D125). Además se calculó la razón Planctónicos/Bentónicos (P/B) y las proporciones de individuos infaunales y epifaunales.

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

2.4 Análisis estadísticos

Para el cálculo de los parámetros estadísticos asociados a la distribución granulométrica se utilizó el programa libre GRADISTATv8 (Blott & Pye, 2001) y se obtuvieron los parámetros de Folk & Ward (1957).

Para ordenar espacialmente las muestras en función de las variables abióticas se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) utilizando el programa Paleontological Statistics Version 3.23 (Hammer *et al.*, 2001). Previamente se construyó una matriz abiótica (% Grava, % arena muy gruesa, % arena gruesa, % arena media, % arena fina, % arena muy fina, % limo, % arcilla, % CaCO_3 , % MO, % C_{org} , % N_{tot} , $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, la razón C/N, concentraciones de Ca, Fe y Ti, y relaciones Fe/Ca y Ti/Ca) la cual fue normalizada y centralizada.

3. RESULTADOS

3.1 Condiciones oceanográficas de acuerdo a la bibliografía

Las estaciones estudiadas se distribuyeron en tres grupos según sus profundidades, un grupo incluyó a las más superficiales hasta los 144 m (estaciones de plataforma; 22, 4 y 7), que estuvieron bajo la influencia del Agua Tropical (AT) y el agua Subantártica (ASA). Otro grupo se integró por las estaciones localizadas entre 1100 y 1300 m (talud superior; 8, 9 y 10) influenciadas por el Agua intermedia antártica (AIA) y el grupo de las más profundas entre 3200 y 3700 m (talud inferior; 13, 12 y 11) bajo la acción de el agua profunda del Atlántico Norte (APAN) y el agua circumpolar profunda inferior (ACPI).

A partir de los perfiles batimétricos (Figura 3) generados se obtuvieron las pendientes de las estaciones 9 (1.03°), 10 (3.61°), 13 (0.74°), 12 (1.03°) y 11(1.45°).

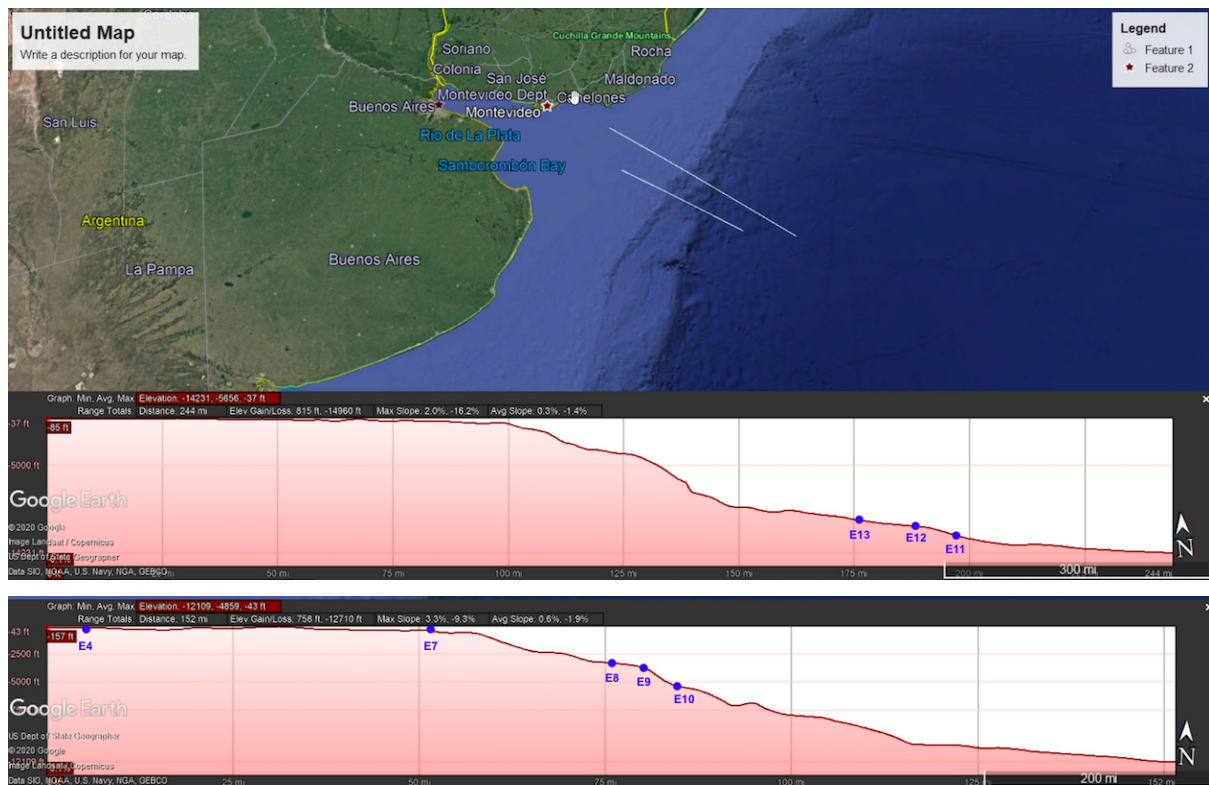


Figura 3. Mapa extraído de Google Earth Pro donde se posicionaron los dos transectos que alinean las estaciones en estudio. Arriba: Perfil batimétrico de la transecta más al Norte con la localización de las estaciones 13, 12, y 11. Abajo: Perfil batimétrico de la transecta más al Sur con la localización de las estaciones 4, 7, 8, 9 y 10. Las estaciones 9 y 10 con mayor inclinación están asociadas a la T2 mencionada por Hernández-Molina *et al.*, (2015).

3.2 Parámetros granulométricos

La distribución de la frecuencia media de los sedimentos en las estaciones analizadas se muestran en la figura 4. Los porcentajes relativos de las principales fracciones de tamaño se presentan en la figura 5. El mayor porcentaje de arenas se observó en las estaciones 22, 4, 7 y 8. Ellas están representadas por arenas finas (AF; 56.8, 71.3, 76.7 y 35.1 % respectivamente) principalmente, arenas medias (AM; 20.0, 1.5, 0.3 y 27.8 respectivamente) y arenas muy finas (AMF; 16.4, 22.0, 16.8 y 13.7 %, respectivamente). Cabe resaltar que las estaciones 22 y 8 son las únicas que presentan gravas.

La estación 8 fue la más heterogénea, con carácter bimodal y pobremente seleccionada. Presentó además de AF en mayor proporción, limos, arcillas, AMF, arena media (AM), arena gruesa (AG), arena muy gruesa (AMG) y gravas. El gráfico de distribución de los sedimentos (Figura 2) en la estación 8 mostró claramente la heterogeneidad mencionada.

Las estaciones 4 y 7 (unimodales) además de presentar arenas finas mayoritariamente, fueron moderadamente bien seleccionadas (0.51), con valor de asimetría de 0.305 mostrando asimetría hacia los muy finos y kurtosis de 1.627 (curva muy leptocúrtica). Por otro lado, la estación 22 (unimodal) fue moderadamente seleccionada (0.705), valor de simetría -0.066 (simétrica) y kurtosis de 1.120 (curva leptocúrtica); y la estación 8 con valor de selección de (1.43; pobremente seleccionada), asimetría hacia los finos (negativa; 0.193) y kurtosis de 1.103 (curva mesocúrtica).

La estaciones 9 y 10 presentaron dominancia de arena muy fina (50.9 % y 50.0 % respectivamente) y en 11, 12 y 13 dominó el limo muy grueso (38.2 %, 31.5 % y 44.4 % respectivamente) siendo que en la estación 11 (la más profunda) reaparecen las arenas muy finas. Todas las anteriores fueron pobremente seleccionadas (1.197, 1.161, 1.317, 1.585 y 1.416 respectivamente) y presentaron asimetría muy negativa (0.523, 0.568, 0.349, 0.346, 0.483 respectivamente). Todas se caracterizaron por ser unimodales excepto la 9 que fue bimodal. En cuanto a la kurtosis de éstas muestras 10 y 11 fueron leptocúrticas (1.140 y 1.172 respectivamente), 9 mesocúrtica, la 13 fue mesocúrtica (1.048) y la 12 platicúrtica (0.894) (Tabla 2).

Se observó un cambio en la composición granulométrica con un descenso gradual del tamaño de partícula con el aumento de la profundidad. Las AF fueron sustituidas por las AMF y luego por los limos en particular los limos gruesos (LG).

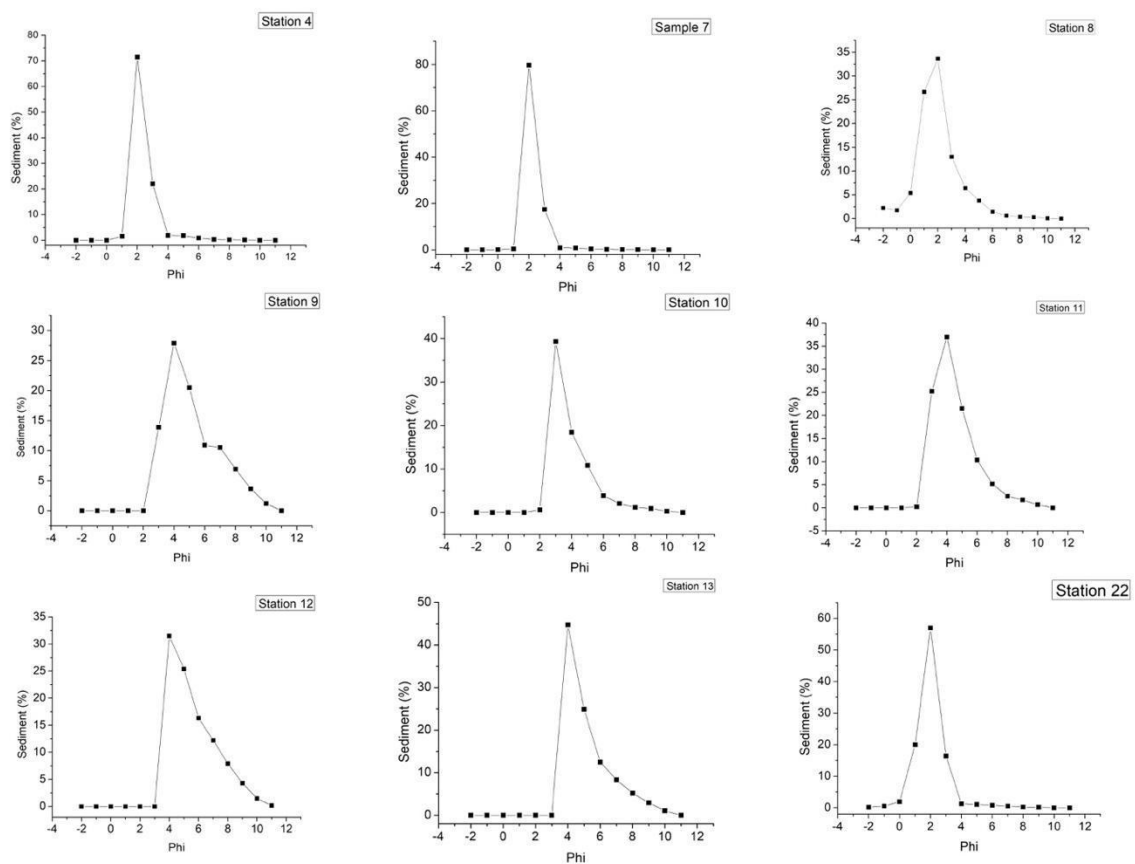


Figura 4. Gráficos de porcentajes de sedimentos según el phi de cada partícula.

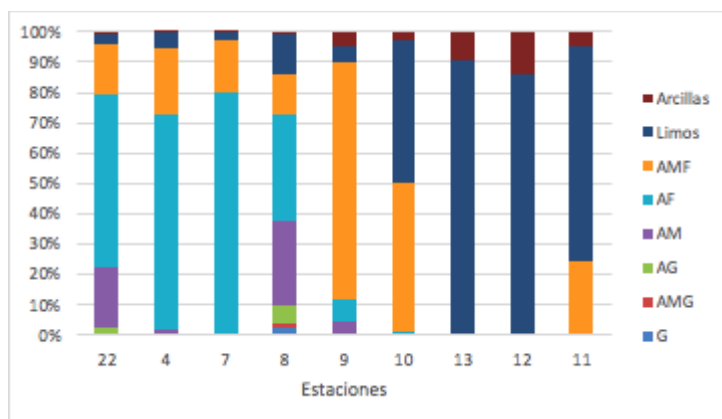


Figura 5. Distribución de los sedimentos por estación.

Tabla 2. Caracterización sedimentológica de las estaciones muestreadas. MBS: Moderadamente bien seleccionada, MS: Moderadamente seleccionada, PS: Pobremente seleccionada, AMG: Arena muy gruesa, AG: Arena gruesa, AM: Arena media, AF: Arena fina, AMF: Arena muy fina, LMG: Limo muy grueso, LG: Limo grueso

	22	4	7	8	9	10	13	12	11
Grava	0.22	0	0	2.24	0	0	0	0	0
AMG	0.55	0	0	1.77	0.12	0	0	0	0
AG	1.96	0	0.11	5.41	0.12	0.15	0	0	0
AM	20.02	1.55	0.36	26.67	2.18	0	0	0	0
AF	57.01	71.49	79.73	33.69	3.52	0.6	0	0	0.23
AMF	16.42	22.07	17.45	13.02	40.53	39.34	0	0	25.23
Limos	3.66	4.83	2.49	12.31	2.52	36.82	67.4	68.24	74.07
Arcilla	0.43	344	0.25	0.78	2.54	2.38	6.89	11.05	4.95
Diámetro medio	2.5 - AF	2.9 - AF	3.0 - AF	2.5 - AF	4.3 - LMG	4.4 - LMG	5.6 - LG	6.0 - LG	5.1 - LG
Selección	MS (0.705)	MBS (0.510)	MBS (0.535)	PS (1.430)	PS (1.197)	PS (1.161)	PS (1.416)	PS (1.585)	PS (1.317)
Asimetría	Simétrica (-0.066)	Asimetría muy fina (0.305)	Asimetría muy fina (0.396)	Asimetría fina (0.193)	Asimetría muy fina (0.523)	Asimetría muy fina (0.568)	Asimetría muy fina (0.483)	Asimetría muy fina (0.346)	Asimetría muy fina (0.349)
Curtosis	Leptocúrtica (1.120)	Muy leptocúrtica (1.627)	Muy leptocúrtica (2.023)	Mesocúrtica (1.103)	Mesocúrtica (1.090)	Leptocúrtica (1.140)	Mesocúrtica (1.048)	Platicúrtica (0.894)	Leptocúrtica (1.172)

3.3 Geoquímica

3.3.1 Indicadores de fuente de sedimentos

Elementos mayores y sus razones

De los elementos analizados, la mayor concentración de Ca se presentó en la estación 22 (74066 mg/kg) el resto de las estaciones no superaron las 20000 mg/kg. El Fe mostró baja concentración en la estación más costera y fue en aumento presentando en la estación 8 la mayor de las concentraciones de este elemento (32840 mg/Kg). Por último, el Ti, al igual que el Fe, presentó en la 22 la concentración más baja y en el resto entre 1100 y 1900 mg/kg

aumentando hacia las estaciones más profundas (Tabla 3). Por otro lado, las razones Fe/Ca y Ti/Ca mostraron tendencia al aumento hacia el offshore (Figuras 6, 7 y 8).

Tabla 3. Concentraciones de los elementos mayores (Ca, Fe, Ti; mg/kg) y sus razones (Fe/Ca y Ti/Ca).

Estaciones	Ca	Fe	Ti	Fe/Ca	Ti/Ca
E22	74066	7977	775	0.1077	0.0105
E04	12206	12756	1441	1.0451	0.1181
E07	9429	12471	1137	1.3226	0.1206
E08	14719	32840	1104	2.2311	0.0750
E09	18833	14998	1412	0.7964	0.0750
E10	19231	15402	1459	0.8009	0.0759
E13	11800	23195	1863	1.9657	0.1579
E12	7330	25295	1944	3.4509	0.2652
E11	7563	21448	1868	2.8359	0.2470

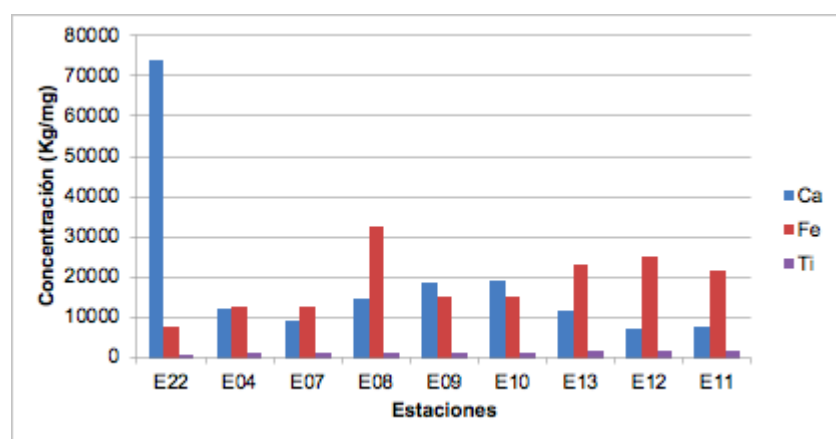


Figura 6. Concentraciones (Kg/mg) de los elementos Ca, Fe y Ti presentes en cada estación.

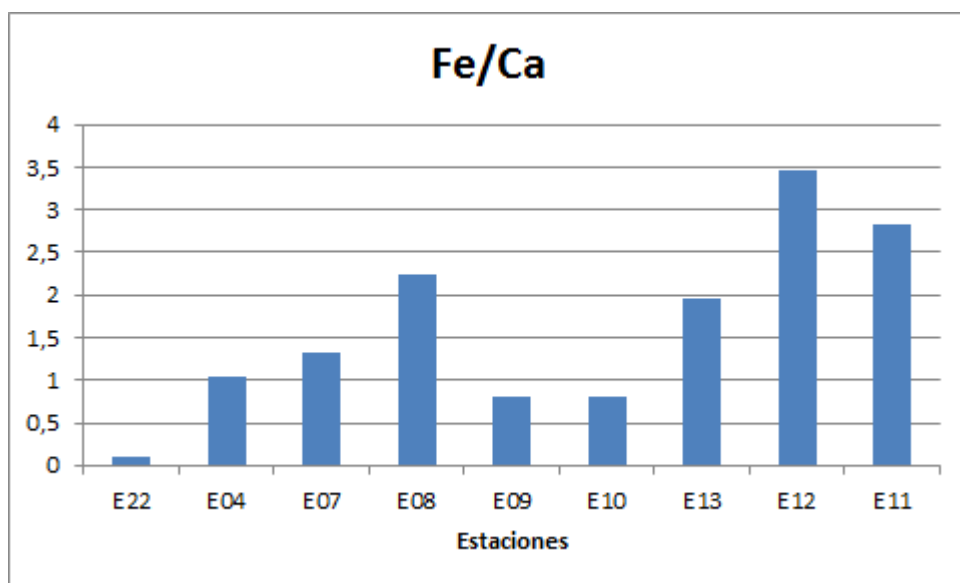


Figura 7. Relación Fe/Ca para cada estación.

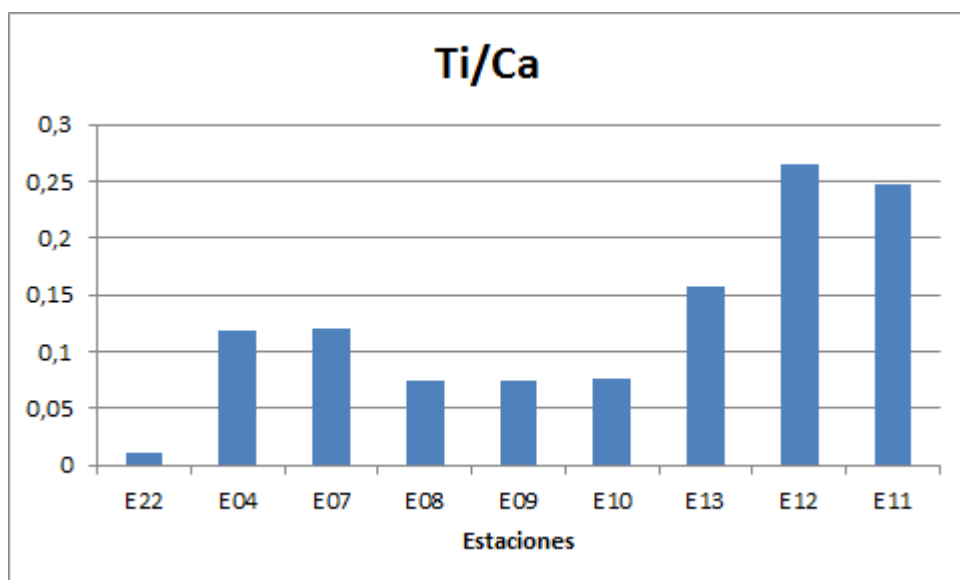


Figura 8. Relación Ti/Ca para cada estación.

3.3.2 Indicadores de productividad marina y ambientes de depósito/erosión

Entre los estimadores geoquímicos de productividad analizados, el contenido de carbonato de calcio (CaCO_3) fue máximo en la estación 22 (11.53 %), en el resto de las estaciones los valores fueron en torno al 1% de CaCO_3 (Figura 9). En relación al contenido de materia orgánica (MO) presentó tendencia al aumento hacia el *offshore* con un máximo en la estación 12 (4.87%) y mínimo en la 22 con apenas 0.61%. El resto de las estaciones presentaron valores en promedio mayores a 2% (Figura 10). El porcentaje de carbono orgánico total (% C_{org} total) fue máximo en la estación 13 (2.1 %). Las estaciones 12 y 11 presentaron valores

superiores a 1% y las demás por debajo de 0.6%. En las estaciones 22 y 4 no se detectó (Figura 11). Para el nitrógeno total (N_{tot}) la tendencia que se observó fue igual a la presentada por el C_{org} total en cada estación. Máximo en la estación 13 (0.3%) y ausencia en la estación 22 y 4 (Figura 12).

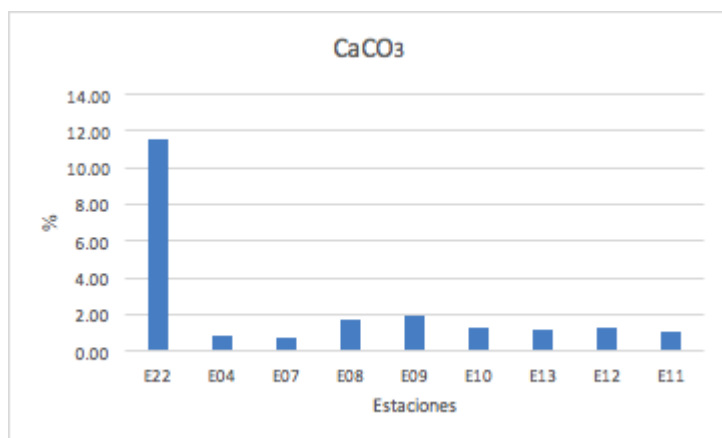


Figura 9. Porcentaje de Carbonato de Calcio ($CaCO_3$) presente en cada estación.

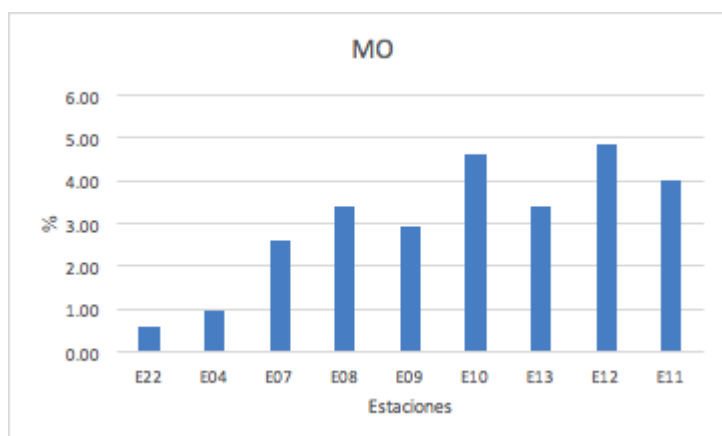


Figura 10. Porcentaje de Materia orgánica (MO) presente en cada estación.

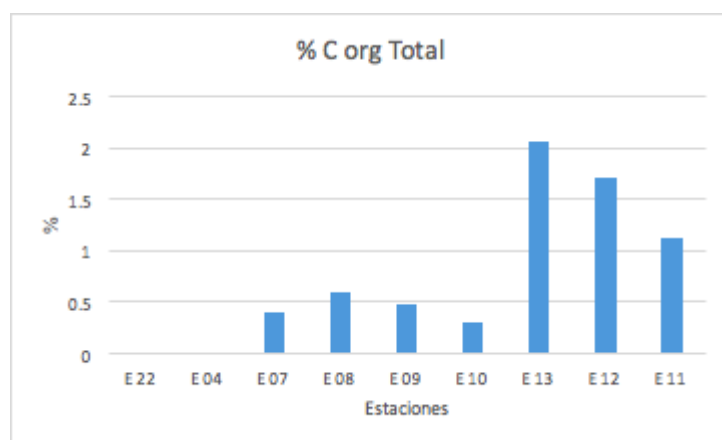


Figura 11. Porcentaje de Carbono orgánico total (C_{org}) presente en cada estación.

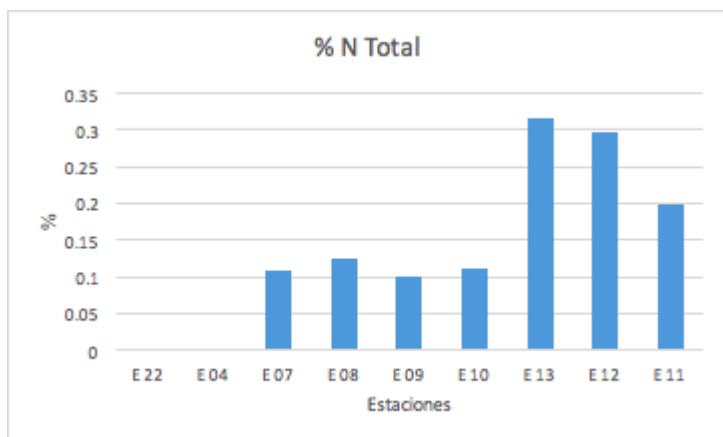


Figura 12. Porcentaje de Nitrógeno total (N_{tot}) presente en cada estación.

3.3.3 Indicadores del origen de la materia orgánica

En cuanto a los estimadores del origen de este material orgánico, las razones C/N presentaron valores en torno a 6 en todas las estaciones, excepto en 22 y 4 que no se pudo calcular la razón ya que los valores de C_{org} y N_{tot} estuvieron por debajo del límite de detección (Figura 13). Por su parte los valores de $\delta^{13}C$ se ubicaron en torno a -21 ‰ en todas las estaciones que se detectó (Figura 14), mientras que los valores de $\delta^{15}N$ estuvieron entre 9.14 y 15.46 ‰ (Figura 15).

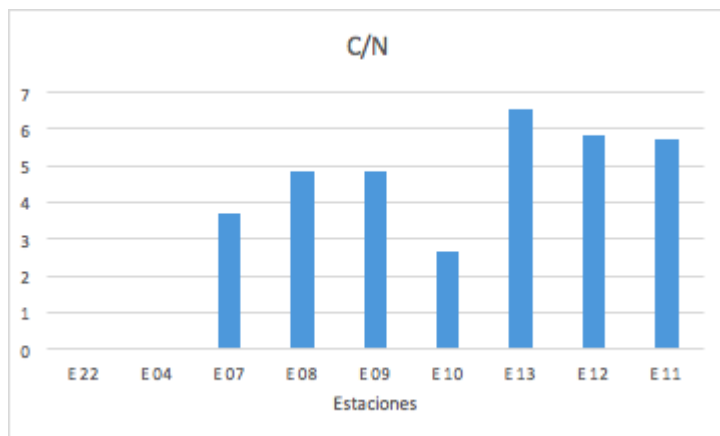


Figura 13. Relación C/N presente en cada estación

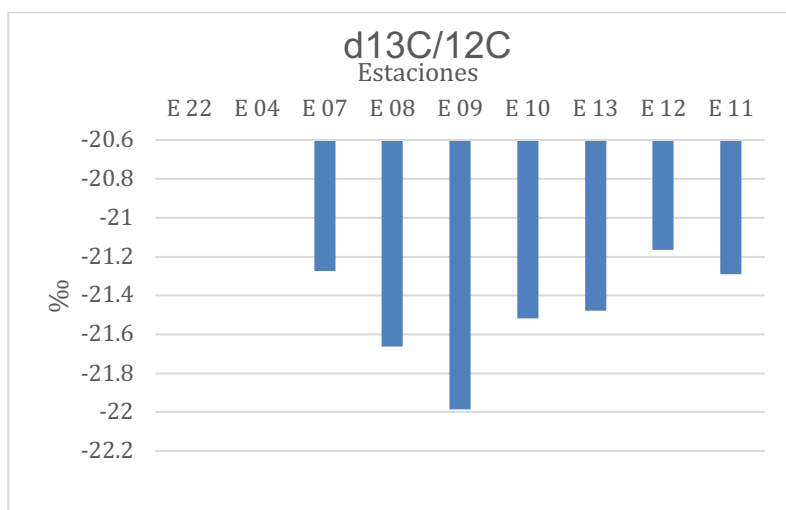


Figura 14. Isótopos de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) presentes en cada estación.

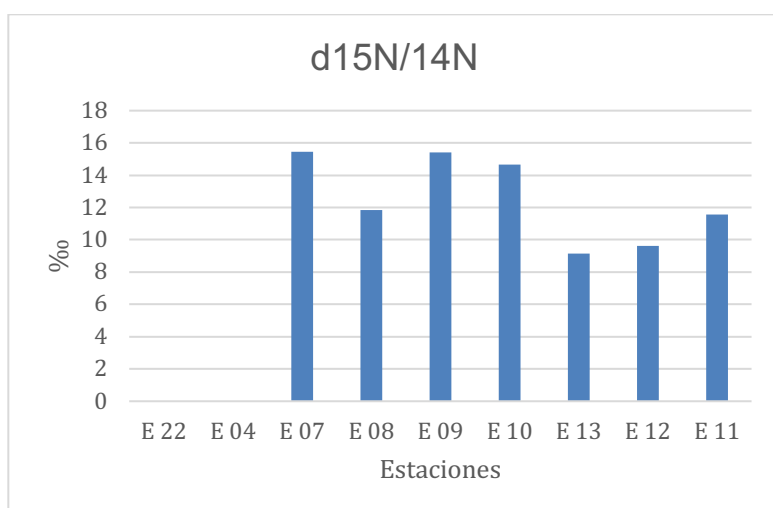


Figura 15. Isótopos de nitrógeno ($\delta^{15}\text{N}$) presentes en cada estación.

3.4 Análisis de componentes principales (ACP)

El ACP realizado con las variables abióticas seleccionadas permitió identificar dos ejes principales que juntos explican aproximadamente el 69.11% de la varianza total de los datos, siendo que el primer eje contribuyó con un porcentaje total de 46.41 % y el segundo eje con 22.70 % (Figura 16). El eje 1 se correlacionó positivamente con los porcentajes de MO, de limo y arcilla, de N_{tot} , de C_{org} , los valores de $\delta^{13}\text{C}$, la razón C/N, concentración de Ti, Fe y las relaciones Ti/Ca y Fe/Ca; y negativamente con los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y porcentajes de arena muy fina, arena fina, arena media, arena gruesa, arena muy gruesa, grava, el CaCO_3 y la concentración de Ca. Por su parte el eje 2, se correlacionó positivamente con las

concentraciones de Ca, CaCO_3 , la razón C/N, el porcentaje de C_{org} , de N_{tot} , de Fe, relación Fe/Ca, porcentajes de limo, arcilla, arena fina, arena media, arena gruesa, arena muy gruesa y grava; y negativamente con los porcentajes de arena muy fina, MO, con el $\delta^{15}\text{N}$, con $\delta^{13}\text{C}$ con el Ti y la relación Ti/Ca (Figura 14). En la figura 16 se presentan los grupos de estaciones identificados: Grupo I (estaciones 11, 12 y 13) comprendido por las estaciones más profundas, correlacionado con los sedimentos más finos (limos y arcillas) y valores altos de MO, C_{org} , N_{tot} , y con los indicadores de aporte continental (Ti/Ca) y (Fe/Ca); el Grupo II (estaciones 4, 7, 9 y 10) definido por los porcentajes de arenas muy finas; y las estaciones 8 y 22 se presentan localizadas en un mismo cuadrante debido a la composición granulométrica (altos porcentajes de sedimentos gruesos: gravas y arenas). En particular la estación 22 se correlacionó fuertemente con el porcentaje de CaCO_3 y Ca.

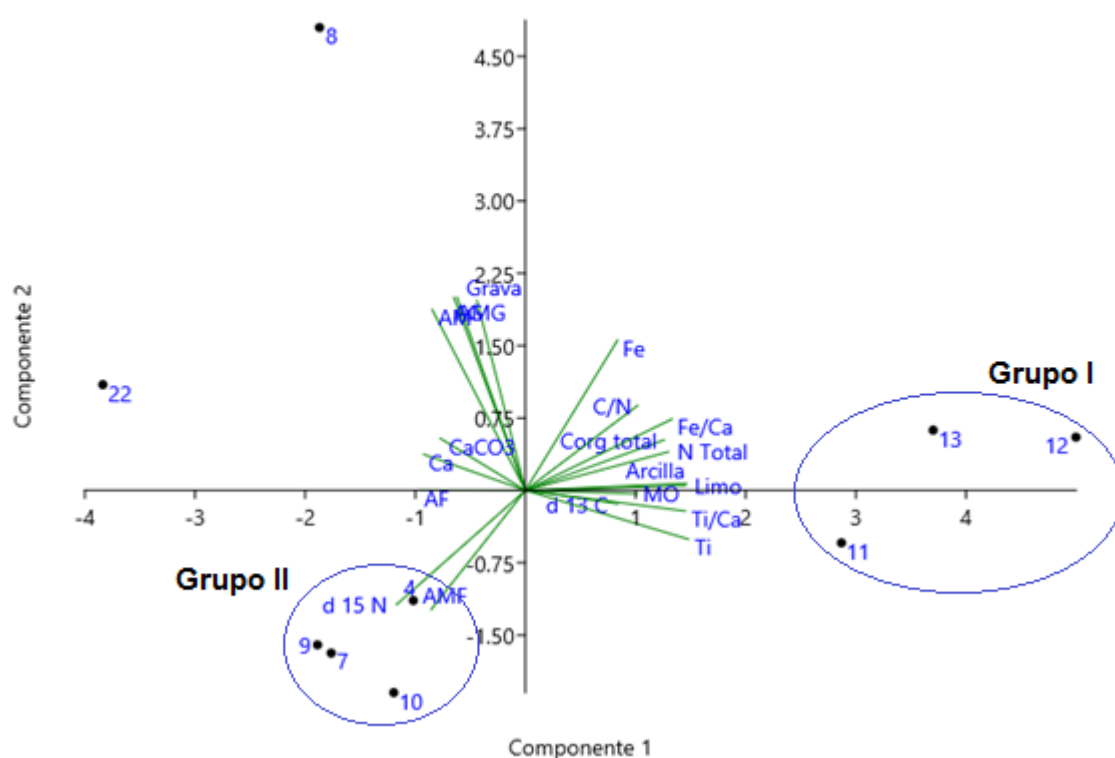


Figura 14. Análisis de componentes principales (ACP) mostrando dos grupos bien definidos por distintas variables del sedimento.

3.5 Resultados Bióticos

3.5.1 Densidades y composición taxonómica de foraminíferos bentónicos

Los valores obtenidos de densidad de foraminíferos bentónicos de 125 micras y 63 micras se pueden observar en la figura 17 y la proporción según sus hábitos de vida en la figura 18.

Los valores de abundancia de foraminíferos bentónicos fueron máximos en las estaciones 9 y 10, con valores alrededor de 40000 Ind/50 cm³. En el resto de las estaciones la densidad de individuos fueron aproximadamente entre 800 y 21000 Individuos/50 cm³. En cuanto a los hábitos de vida de los foraminíferos bentónicos en las estaciones 9 y 10 predominaron los infaunales y en el resto de las estaciones fueron los epifaunales. De todas formas en las estaciones 22, 13 y 12 las abundancias fueron prácticamente iguales tanto de un grupo como del otro.

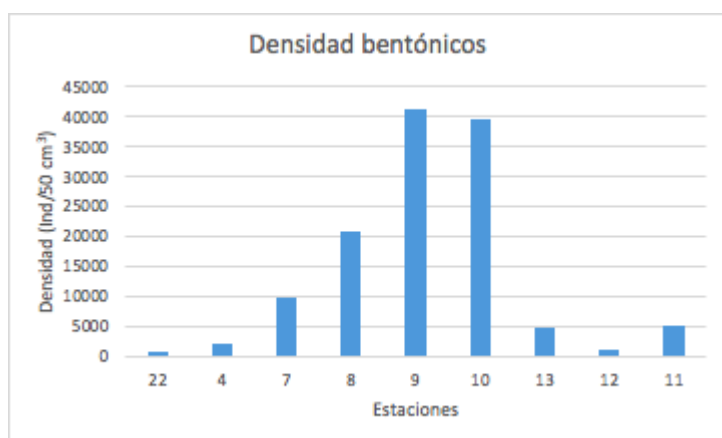


Figura 17. Densidad de foraminíferos bentónicos (125 micras y 63 micras sumadas) presentes en cada estación.

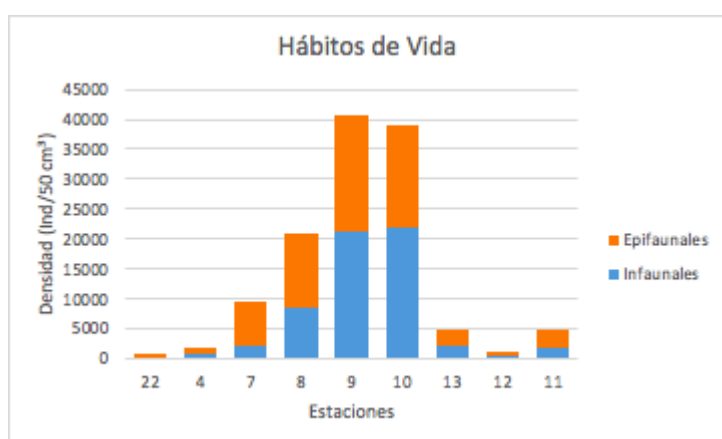


Figura 18. Proporción de foraminíferos bentónicos según su hábito de vida (Epifaunal o Infaunal).

En total fueron identificados 83 géneros de foraminíferos bentónicos en las muestras, dentro de los cuales se identificaron 64 especies. De los 83 géneros identificados, 57 pertenecen al suborden Rotaliida (teca calcárea hialina), 4 al suborden Milioliida (teca calcárea porcelanácea) y 22 al suborden Textulariida (Tablas anexos A y B).

En cuanto al tipo de pared presentada por los foraminíferos (Figura 19), se observó que todas las estaciones presentaron dominancia de la pared de tipo hialina. En la estación 22 (29 m) los porcelanaceos fueron los segundos en abundancia alcanzando un 15.6%. En el resto de las estaciones los foraminíferos porcelanaceos fueron los menos abundantes en proporción a los otros tipos de pared. Los aglutinantes tuvieron un aumento de densidad a medida que aumentó la profundidad (a excepción de la estación 22, que presentó un patrón diferente).

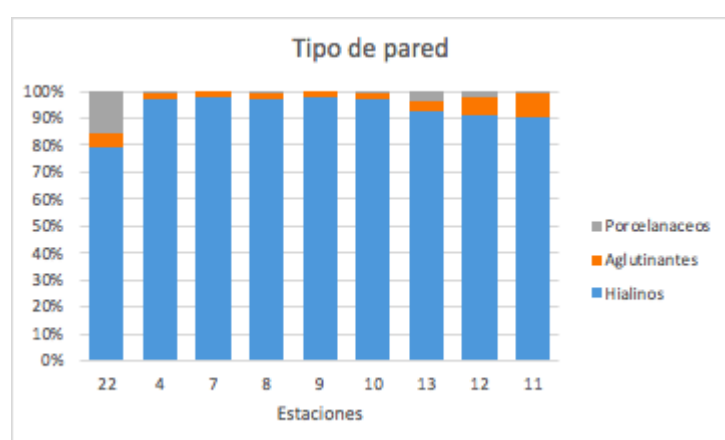


Figura 19. Proporción de los tipos de pared de los foraminíferos bentónicos (Porcelanaceos, Aglutinantes y Hialinos) presentes en cada estación.

Se destaca la especie de foraminífero bentónico *Epistominella exigua* presente en gran abundancia en siete de las estaciones así como también varias especies del género *Bolivina*. Otros géneros de gran abundancia en algunas de las estaciones y en algunos casos presentes en todas las estaciones son: *Bulimina* spp., *Cassidulina* spp. (muy abundante en 9 y 10), *Cibicides* spp. (con varias especies distribuidas en las distintas estaciones), *Discorbis* spp., *Elphidium* spp., *Fursenkoina* spp. (presente en todas), *Globobulimina* spp., *Lagena* spp., *Lagenammina* spp., *Melonis* spp., *Nonionella* spp., *Quinqueloculina* spp. (en todas menos en 7 y 8), *Reophax* spp., *Rutherfordoides* spp. (en la 8), *Trifarina* spp. (en la estación 13 gran abundancia), *Triloculina* spp. (con mayor densidad en la estación 13), *Trochammina* spp. (presente en todas menos en la 4, y con gran presencia en 9 y 10) y por último *Uvigerina* spp. en todas gran densidad excepto en 22 y 4 (Figura 20).

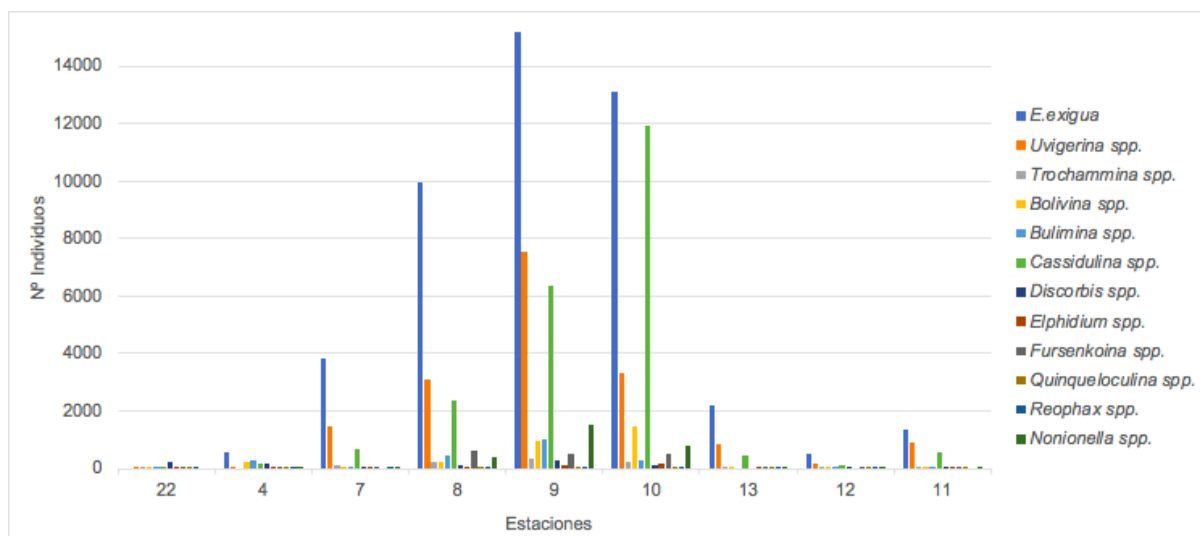


Figura 20. Densidades de los géneros de foraminíferos bentónicos más abundantes en las estaciones analizadas y de la especie *Epistominella exigua*.

3.5.2 Densidades y composición taxonómica de foraminíferos planctónicos

Los valores obtenidos de densidad de foraminíferos planctónicos de 125 micras y 63 micras se pueden observar en la figura 21.

Los valores de abundancia de foraminíferos planctónicos fueron máximos en la estación 9 (25394 Ind/cm³) y con ausencia en la estación 22. La estación 10 también presentó gran abundancia de individuos (19496 Ind/cm³). En relación a las estaciones 9 y 10 el resto presentaron baja abundancia (hasta 2000 Ind/cm³).

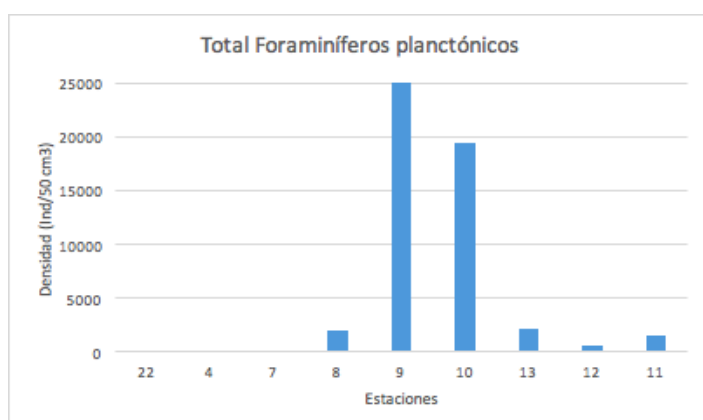


Figura 21. Densidades de foraminíferos planctónicos (125 micras y 63 micras sumadas) presentes en cada estación.

Se identificaron 24 especies de foraminíferos planctónicos (Tablas anexo C y D). La especie planctónica *Neogloboquadrina pachyderma* fue la que presentó mayor abundancia (12298 Ind/50 cm³), le siguieron en abundancia *Turborotalita quinqueloba* (3266 Ind/50 cm³), *Globorotalia inflata* (3268 Ind/50 cm³) y *Globigerinita glutinata* (3108 Ind/50 cm³). De forma cualitativa se identificaron marcas de desgaste y caparazones retrabajados en algunos foraminíferos. Así como también se encontraron mayor cantidad de caparazones quebrados en algunas estaciones predominando a simple vista en la estación 8.

En cuanto a las provincias latitudinales de las especies de foraminíferos presentes en las estaciones se puede decir que predominaron en todos los casos los foraminíferos planctónicos de aguas polares, subpolares y transicionales. En la estación 8 se observó una gran presencia de organismos de aguas tropicales y subtropicales. Las estaciones 9 y 10 tuvieron la mayor influencia (>50%) de foraminíferos asociados a aguas polares (Figura 22).

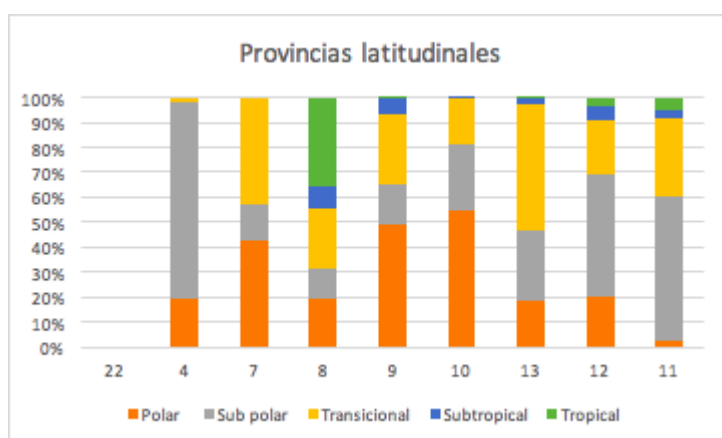


Figura 22. Distribución de las especies de foraminíferos planctónicos según las provincias latitudinales (Polar, Sub polar, Transicional, Subtropical, Tropical).

3.5.3 Otros organismos marinos

Fueron identificados otros organismos como ostrácodos (Estación 4), radiolarios (Estación 8, 13, 12 y 11), diatomeas (Estación 13, 12, 11). En las muestra 8, 9, 10, 13 y 12 se encontraron grandes cantidades de espículas.

3.6 Correlaciones lineales de Pearson

Los análisis realizados entre los parámetros sedimentológicos y los parámetros bióticos mostraron una correlación positiva entre el porcentaje de arena muy fina y la densidad de

foraminíferos bentónicos (valor de correlación = 0.76, $p < 0.05$) y con sus hábitos de vida infaunales y epifaunales (valores = 0.77 y 0.72, $p < 0.05$, respectivamente). Los limos y arcillas se correlacionaron positivamente con los foraminíferos bentónicos aglutinantes (valor = 0.70, $p < 0.05$; valor = 0.55, $p < 0.1$). La MO también se correlacionó positivamente con el porcentaje de la relación P/B (valor = 0.74, $p < 0.05$).

El CaCO_3 se correlacionó negativamente con los foraminíferos hialinos (valor = -0.86, $p < 0.05$) y positivamente con los porcelanaceos (valor = 0.96, $p < 0.05$). El valor más elevado de CaCO_3 coincide con el valor más elevado de foraminíferos porcelanaceos.

El C_{org} total mostró correlación positiva con los foraminíferos porcelanaceos (valor = 0.92, $p < 0.05$) y correlación negativa con densidad de bentónicos (valor = -0.73, $p < 0.05$), hialinos (valor = -0.79, $p < 0.05$), infaunales (valor = -0.65, $p < 0.1$) y epifaunales (valor = -0.80, $p < 0.05$). Para el $\delta^{13}\text{C}$ (‰) se presentaron correlaciones negativas con los foraminíferos bentónicos (valor = -0.80, $p < 0.05$) con ambas fracciones pero con mayor correlación con la fracción menor (63 micras) (valor = -0.79, $p < 0.05$), con los hialinos (valor = -0.60, $p < 0.1$), los infaunales (valor = -0.76, $p < 0.05$) y epifaunales (valor = -0.82, $p < 0.05$). Presentó correlación positiva con los aglutinantes (valor = 0.58, $p < 0.1$).

El N_{tot} (‰) presentó correlación negativa con los foraminíferos bentónicos (valor = -0.74, $p < 0.05$), con los hialinos (valor = -0.81, $p < 0.05$), los infaunales (valor = -0.65, $p < 0.05$) y los epifaunales (valor = -0.82, $p < 0.05$). Con los aglutinantes (valor = 0.52, $p < 0.1$) y los porcelanaceos (valor = 0.91, $p < 0.05$) presentó correlación positiva.

$\delta^{15}\text{N}$ (‰) correlación positiva con los foraminíferos bentónicos (valor = 0.71, $p < 0.05$), más cerca de 1 para la fracción grande (valor = 0.94, $p < 0.05$), con hialinos (valor = 0.79, $p < 0.05$), infaunales (valor = 0.65, $p < 0.1$) y epifaunales (valor = 0.77, $p < 0.05$). Con aglutinantes (valor = -0.54, $p < 0.1$) y porcelanaceos (valor = -0.82, $p < 0.05$) correlación negativa (Tabla Anexo E).

Además, se realizaron las correlaciones entre los parámetros abióticos, existiendo correlación positiva entre el porcentaje de arena media y el porcentaje de CaCO_3 (valor = 0.57, $p < 0.1$). Los limos y las arcillas se correlacionaron positivamente con el porcentaje de MO (valores = 0.70 y 0.67, $p < 0.05$, respectivamente), con el porcentaje de C_{org} (valores = 0.80 y 0.85, $p < 0.05$, respectivamente), con el porcentaje de N_{tot} (valores = 0.84 y 0.89, $p < 0.05$, respectivamente), con la relación C/N (valores = 0.59 y 0.66, $p < 0.1$, respectivamente), con el elemento Ti (valores = 0.86 y 0.83, $p < 0.05$, respectivamente) y con la razón Fe/Ca (valores = 0.75 y 0.75, $p < 0.05$, respectivamente). Los limos se correlacionaron positivamente con el $\delta^{13}\text{C}$ (‰) (valor = 0.59, $p < 0.1$). El porcentaje de arena muy fina se correlacionó de manera positiva con el $\delta^{15}\text{N}$ (‰) (valor = 0.82, $p < 0.05$) (Tabla Anexo F).

4. DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados abióticos y bióticos obtenidos en este trabajo es posible reconocer subambientes con características diferentes de los sedimentos (textura, origen de estos y relación con la geomorfología de fondo). Además de diferentes improntas de la productividad marina en los sedimentos y por lo tanto con una composición de la microfauna característica en cada caso. A su vez esta microfauna (foraminíferos bentónicos, planctónicos y otros organismos) acompañan la distribución de las masas de agua presentes en la región.

Textura, origen del sedimento y su relación con la geomorfología de fondo

Las estaciones localizadas en la plataforma (22, 4 y 7) estuvieron representadas principalmente por arenas finas presentando la estación 22 la mayor heterogeneidad en su composición incluyendo contribución de grava. De acuerdo con Urien *et al.*, Martins *et al.*, (1980; 2003 y 2005) la cobertura sedimentaria del MCU (especialmente de la plataforma) es reflejo de la dinámica asociada a las sucesivas transgresiones y regresiones de la línea de costa durante el Cuaternario.

En este sentido, la estación 22 además de su alta heterogeneidad granulométrica presentó el valor máximo de CaCO_3 , conchillas calcáreas y fragmentos de conchillas con presencia de foraminíferos miliolinidos (observado a partir de la alta correlación positiva entre este tipo de foraminíferos con el CaCO_3) con paredes calcáreas, imperforadas y robustas típicos de ambientes costeros de alta energía (Boltovskoy, 1965; Murray, 1991; Burone *et al.*, 2013; Lahuerta, 2014; Eichler *et al.*, 2020). Uno de los géneros, con mayor presencia en dicha estación, representante de este grupo, fue *Quinqueloculina* (Armstrong & Brasier, 2005; Murray, 2006). Esta estación se encuentra localizada a los 29 m de profundidad de columna de agua y coincide con la estabilización del nivel del mar propuesta por Corrêa (1996) entre las profundidades de 32 y 45 m ocurrida hace aproximadamente (17,500 - 6,500 años AP) y caracterizada por la presencia de arenas gruesas y gravas. Esto último, también corrobora que la zona se correspondió a un local de alta energía. O sea, que dicha estación se encuentra sobre una paleo-costa (antigua línea de estabilización del nivel del mar) generada luego de episodios transgresivos y regresivos posteriores al Último Máximo Glacial (UMG; Suguio *et al.*, 2003; Suguio, 2003). Cabe destacar que esta estación quedó representada de forma aislada en el ACP mostrando su carácter heterogéneo del punto de vista sedimentológico (granulometría gruesa y única con contenido elevado de CaCO_3) lo que determina que forma parte de una facies diferente al resto de las estaciones localizadas en la plataforma.

Por su parte, las estaciones 4 y 7 presentaron altos porcentajes de arena fina y arena muy fina, muy bien seleccionada y ambas mostraron curvas de distribución leptocúrtica. Todas estas características refuerzan el hecho de tratarse de arenas relictas y retrabajadas (Magalhaes *et al.*, 1991; Suguio, 2003; Dias, 2004). Ambas estaciones se encuentran reunidas en el Grupo II del ACP junto a algunas estaciones del talud como resultado de los altos porcentajes de AMF típicos de ambiente de plataforma.

Entre las estaciones localizadas en el talud medio, estaciones 8, 9 y 10 podemos observar diferencias en su composición granulométrica siendo las dos primeras bimodales y con kurtosis mesocúrtica mientras que la última (10) es unimodal y leptocúrtica. Considerando el mapa síntesis morfosedimentario (Figura 23) del MCU de Hernández-Molina *et al.* (2015) podemos observar que la estación 8 se localiza en el eje de un canal contornítico (lo cual explica el hecho de presentar una profundidad prácticamente igual a la estación 9 localizada más hacia *offshore*) y la 9 en una región caracterizada por sedimentos relictos, erosionados y con depósitos de sedimento parcialmente enterrados y la terraza 2 (T2). Ambas estaciones están bajo la acción actual del AIA (Frenz *et al.*, 2003; Hernández-Molina *et al.*, 2015). La estación 8 presenta mayor heterogeneidad que la 9 pudiendo este hecho responder a una circulación con mayor energía dentro del canal. En el caso de la estación 9, además de encontrarse en la zona de sedimentos relictos descrita por Hernández-Molina *et al.* (2015) está en el límite entre la región descrita como una superficie erosiva en el talud medio que separa la T1 de la T2 (siendo ambas terrazas prolongaciones de la Terraza la Plata (T1) y prolongación hacia el norte de la Terraza Ewing (T2) ambas localizadas en el margen Argentino) (Hernández-Molina *et al.*, 2009; Preu *et al.*, 2013). Esta terraza coincide con la interface entre el AIA y el agua circumpolar antártica superior (ACAS) y se caracteriza según los autores citados, por la presencia de arenas finas, limos y arcillas al igual que la composición observada en esta estación. Las curvas mesocúrticas responden a la amplia distribución de tamaños de grano, probablemente con contribución de más de una población de sedimento.

La estación 10, por su lado, se localiza sobre la T2 (Hernández-Molina *et al.*, 2015). De acuerdo con estos autores un *drift* (D1) descansa sobre esta terraza (T2) presentando la composición sedimentológica anteriormente mencionada. Esta estación presenta una distribución leptocúrtica con una tendencia hacia los más finos ya que se clasifica como limo muy grueso. Probablemente está asociada a la facies más fina de los sedimentos presentes en este *drift*. Cabe destacar que el talud en el local de la estación 10 presenta una pendiente acentuada (3.6°) mostrando una pendiente superior a las obtenidas en la estación 9 con un

valor de 1.03° . Esto puede ser corroborado en la imagen del perfil (Figura 3) pudiendo indicar que la estación 10 se encuentra en uno de los bordes del *drift* resultando así en un local más erosivo. Las estaciones 9 y 10 forman parte del Grupo II del ACP debido a la composición similar de arenas (que en esta región se describe como material relicto y re TRABAJADO que puede haber sido aportado desde la plataforma). Mientras tanto la estación 8 aparece aislada como consecuencia de su heterogeneidad en la composición granulométrica (mencionada anteriormente).

Las estaciones 13, 12 y 11 se encuentran localizadas en el talud inferior y compuestas por sedimentos más finos (limo grueso y arcillas) que las anteriores, tal como agrupó el ACP en el Grupo I. Además de responder este grupo a las mayores concentraciones de materia orgánica y elementos y razones indicadoras de aportes terrígenos que serán discutidas más adelante. De acuerdo con el mapa morfosedimentario la estación 13 está localizada en el interior del cañón submarino denominado Río de la Plata (Figura 23) mientras que la localización de la estación 12 probablemente corresponda a la extensión de este cañón en la región más profunda del océano (ya que también presenta valores altos valores de MO). Estas estaciones estarían bajo la acción del agua Profunda del Atlántico Norte (APAN) y el agua Circumpolar Profunda Inferior (ACPI, Frenz *et al.*, 2003) que se desplazan en dirección al sur y al norte, respectivamente. Los cañones, si bien son locales de alta energía, principalmente en sus cabeceras, suelen presentar en su interior altos porcentajes de sedimentos finos (Franco-Fraguas, 2015; Franco-Fraguas *et al.*, 2016) como se observa en estas estaciones.

Por último la estación 11 localizada a 3795 m presenta contribución de arenas muy finas. Esta estación se encontraría entre la transición de la APAN y el Agua Circumpolar profunda inferior (Frenz *et al.*, 2003). El mapa morfosedimentario de Hernández-Molina *et al.* (2015) no cubre estas profundidades y para una mejor interpretación debemos contar con una distribución espacial más amplia del lugar. Sin embargo, vale la pena mencionar que éstas arenas pueden estar relacionadas con posibles eventos transversales (flujos de gravedad asociados a la presencia del cañón Río de la Plata así como con procesos contorníticos en esta región).

Los perfiles batimétricos nos permiten decir que el talud superior y medio es más inclinado que el talud inferior (3.61° en estación 10). El aumento de la inclinación en la 11 debe ser aún estudiado en mayor profundidad y comparado con información del margen Argentino para la Terraza Necochea ya que las estaciones 11 y 12 están localizadas próximas a la T4 prolongación de la terraza anteriormente mencionada.

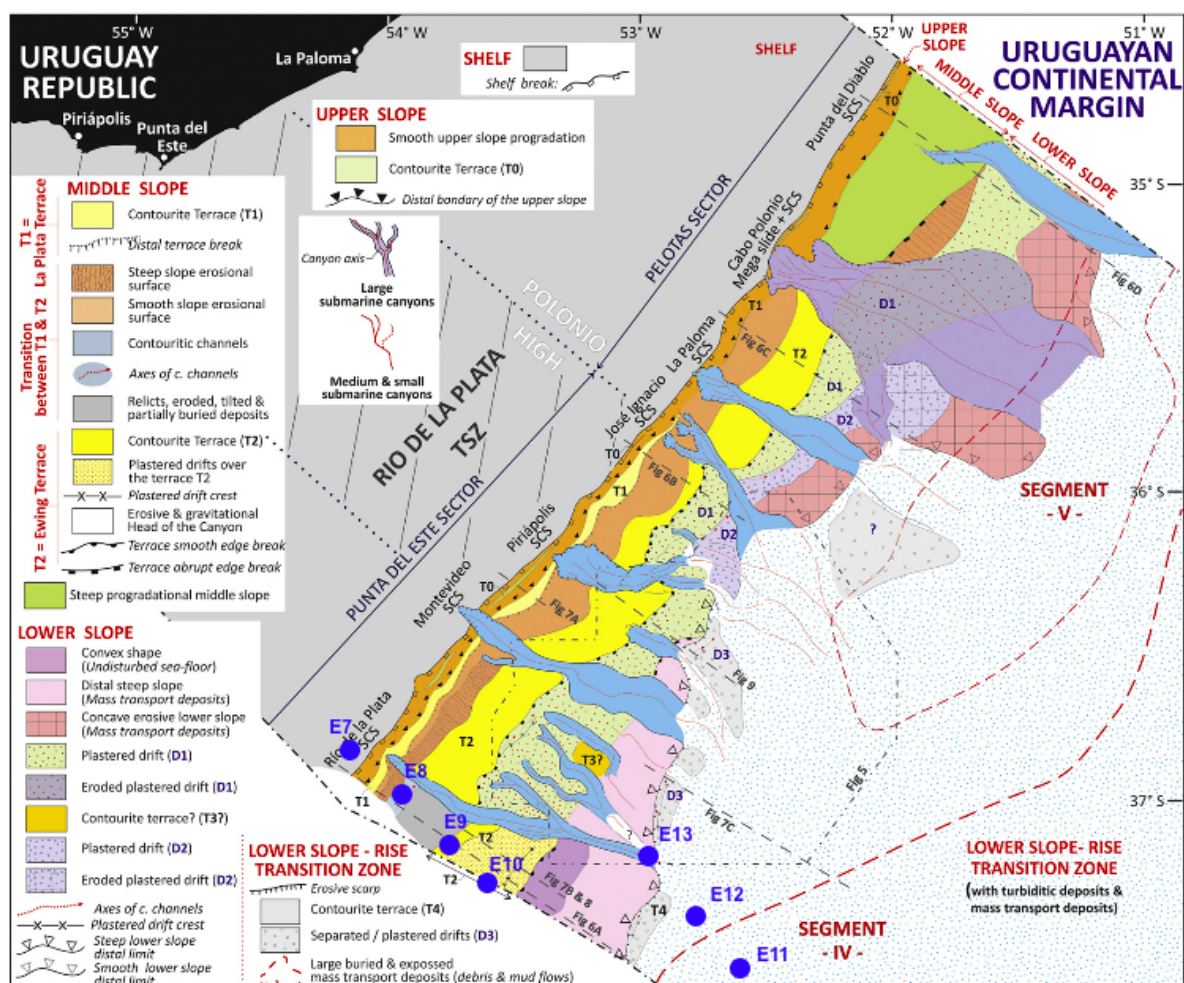


Figura 23. Mapa morfosedimentario extraído de Hernández-Molina *et al.* (2015) con las estaciones estudiadas (7, 8, 9, 10, 13, 12 y 11) desde plataforma externa hasta el talud inferior.

Con respecto al origen del sedimento en el MCU se manejan dos fuentes: sedimento Pampeano del Margen Continental Argentino y material platense proveniente del Río de la Plata (Mahiques *et al.*, 2008; Lantzsch *et al.*, 2014, Franco-Fraguas *et al.*, 2014). Mahiques *et al.* (2008) utilizando isótopos de neodimio (Nd) reconocen una señal de -1.9 para Argentina (sedimentos pampeanos) valor de -9.6 para RdIP y -13.0 para el Sureste de Brasil. Por su lado, Lantzsch *et al.* (2014) trabajando con muestras de la plataforma del MCU, un testigo localizado en el Cone de Rio Grande do Sul (talud superior, 657 m) y otro en la Terraza Necochea (talud inferior, 3620 m, *drift* contornítico) determinaron señales típicas de sedimento Pampeano en plataforma proveniente del margen Argentino hacia el talud continental al norte de Argentina durante el UMG y detectan contribución del RdIP en ambos testigos, siendo la señal más fuerte en el Cone do Rio Grande del Sur (Brasil) dónde el RdIP desembocaba alcanzando la posición más al norte durante el UMG (26.5 - 19 cal Ka AP). Cabe destacar, que la terraza (T4) localizada en el MCU próximo a las estaciones 13 y 12 es

la continuación de la Terraza Necochea del margen continental Argentino (Hernández-Molina *et al.*, 2015).

En este sentido, cabe señalar, que en el presente trabajo se observa un gradiente positivo de las razones Fe/Ca y Ti/Ca (indicadoras de aporte continental; Adegbe *et al.*, 2003; Jaeschke *et al.*, 2007; Govin *et al.*, 2012) hacia las estaciones más profundas con los mayores valores asociados a las estaciones 12 y 11 localizadas a los (3521 y 3795 metros, respectivamente). Estos valores son similares a los encontrados por Burone *et al.*, 2013; 2019 en la plataforma interna del MCU (pozos de fango; 1.511 y 0.326 para las razones Fe/Ca y Ti/Ca, respectivamente). Estos valores podrían mostrar la señal del Río de la Plata en estas estaciones del talud. Además, de acuerdo con Lantzsch *et al.* (2014) el material fino con señal del RdIP en la Terraza Necochea fue transportado por la masa equivalente a la actual APAN (Agua Profunda del Atlántico Norte Glacial, APANG) durante un momento de mar bajo (UMG). También fue posible correlacionar los datos de Ti/Ca y Fe/Ca obtenidos por Franco-Fraguas *et al.* (2016) (0.10 y 0.9 en promedio, respectivamente) desde plataforma externa hasta talud medio con los obtenidos en las estaciones 7, 9 y 10, ya que presentaron valores similares denotando una influencia marina en los sedimentos de origen pampeano.

Impronta de la Productividad marina

En general, en las estaciones analizadas se registraron valores de C_{org} en el sedimento bajos, las correlaciones de Pearson realizadas entre el C_{org} y los foraminíferos bentónicos muestran lo opuesto a lo esperado obteniendo una correlación negativa entre estos, indicando que quizás este no llegue al fondo (a sedimentar) para ser utilizado por los foraminíferos (tanto infaunales como epifaunales) que allí habitan. Esto ocurre a pesar de que el área de estudio se encuentra entre una de las áreas oceánicas más productivas en el mundo (Estrada & Marrasé, 1987; Bisbal, 1995; Iriarte & González, 2004; Burone *et al.*, 2011; De Melo *et al.*, 2014), la cual se caracteriza por una elevada productividad primaria (PP) en la superficie del agua, debido a la confluencia de la corriente de Brasil y la corriente de Malvinas (CBM); y la descarga del RdIP con un gran aporte de nutrientes. Estos autores observaron también que en algunas ocasiones la PP encontrada en la superficie no se correlaciona con el contenido de carbono en el sedimento superficial, existe un desacople entre superficie y sedimento. Esto sucede porque 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). Como se puede observar en este estudio, la ocurrencia de especies oportunistas presentes en las estaciones (como por ejemplo, *Epistominella exigua* y *Bulimina* spp.) que se asocian a flujos de MO que ocurren de forma episódica indican que la MO lábil

es consumida rápidamente por la fauna (Linke & Lutze, 1993; Murray, 2006; Burone *et al.*, 2011) impidiendo que se refleje en el sedimento con los contenidos de C_{org} y MO. Además, pueden existir procesos que dependen de la energía del ambiente, como la advección lateral hacia otras áreas (Frenz *et al.*, 2003; De Mello, 2013), y por procesos de erosión y deposición de sedimentos (Jahnke *et al.*, 1990; Biscaye & Anderson, 1994; Guo *et al.*, 1995; Inthorn *et al.*, 2006) no permitiendo que la MO se deposite en su totalidad y que a su vez con el aumento de la profundidad esta se verá más consumida.

De todas formas las estaciones agrupadas en el ACP como el Grupo I (13, 12 y 11; las más profundas) ubicadas dentro de un cañón para el caso de la 13 y probablemente en la continuación del mismo hacia el *offshore* para la 12, donde los sedimentos finos predominan (arcillas y limos), se presentan los mayores valores de MO (>3%), C_{org} (>1%) y N_{tot} (0.2 a 0.32 %) en relación a el resto de las estaciones (ubicadas en el Grupo II del ACP y las que quedaron sin agrupar). A su vez, las correlaciones de Pearson realizadas entre los parámetros abióticos muestran correlación positiva entre este tipo de sedimentos más finos (limos y arcillas) y el C_{org} , la MO, N_{tot} , permitiendo la mayor acumulación de estos. Esta mayor concentración en el sedimento puede estar asociada a la productividad y composición de los cañones, que además están involucrados en el transporte de sedimentos (ricos en MO) desde la plataforma hacia el talud y elevación continental (Franco-Fraguas, 2015).

Los valores de C/N reflejaron únicamente materia orgánica de influencia marina, de acuerdo con Meyers (1997). Además, los valores de $\delta^{13}C$ también reafirmaron que el origen de la MO de los sedimentos es marino, asociado al fitoplancton (Tyson, 1995; Roy, 2003). Los valores de C/N y $\delta^{13}C$ estuvieron acorde con otros estudios realizados sobre el MCU (RdlP y Talud superior y medio; Burone *et al.*, 2013 y Franco-Fraguas *et al.*, 2014, respectivamente; Fernández, 2019). En cuanto a los valores de $\delta^{15}N$ fueron un poco mayores a los registrados previamente en el área, y denotan que los nutrientes utilizados por los organismos son de origen marino en las estaciones 8, 13, 12 y 11 (11.82, 9.14, 9.61 y 11.57 ‰, respectivamente) pero se encuentran levemente por encima de la referencia (3 ‰ a 12 ‰) en las estaciones 7 (15.46 ‰), 9 (15.41 ‰) y 10 (14.66 ‰) que podrían indicar origen terrestre o mixto.

Los foraminíferos bentónicos en este estudio presentan sus mayores abundancias en las estaciones donde ocurre un balance entre el tamaño de grano ideal (arena fina y muy fina) y la cantidad de alimento (C_{org} y N_{tot}) presente. Esto se reafirma con la presencia en el área de especies de foraminíferos indicadoras de ambientes productivos y asociados a depósitos de fitodetritos (Fontanier *et al.*, 2003) como *Epistominella exigua*, *Bulimina marginata* (correlacionada positivamente con C_{org} ; Murray, 2006), *Uvigerina peregrina* (asociada a alta

productividad y correlacionada de manera positiva con la MO; Eichler *et al.*, 2012) y *Bolivina* spp. Todas estas especies/géneros también fueron registradas en los trabajos de De Mello *et al.* (2014) y Cibils (2016).

Esto ocurre debido a que la distribución y estructura de la comunidad de los foraminíferos bentónicos está relacionada a la cantidad y calidad de carbono orgánico que llega al fondo marino y la oxigenación de la interfase agua sedimento (modelo conceptual de TROX; Jorissen *et al.*, 1995). Las masas de agua de fondo presentes en la región también condicionan la distribución de la fauna de foraminíferos (Eichler *et al.*, 2012). Además entran en juego el tipo de sedimento y el estado energético de la capa bentónica para distribuirse la preferencia del *microhábitat* dentro del sedimento (Schmiedl *et al.*, 1997; Negai *et al.*, 2009).

El Grupo I del PCA (caracterizado por sedimentos limo-arcillosos, mencionado anteriormente) y las estaciones 8, 9 y 10 que también presentan sedimentos de este tipo en proporción alta (13.6 %, 41.7 % y 49.2 %, respectivamente), es donde se encuentran los organismos hialinos detritívoros con el *microhábitat* infaunal dominando (9 y 10) o en casi igual proporción que con el epifaunal. Esto se apoya en la correlación positiva observada entre este hábito de vida infaunal y los porcentajes de C_{org} (Gooday, 1994; Fontanier *et al.*, 2003; Murray, 2006). Los géneros infaunales y detritívoros con gran abundancia en las estaciones mencionadas como *Uvigerina*, *Fursenkoina*, *Trifarina*, *Bulimina*, *Bolivina*, *Cassidulina* explican la preferencia de ese *microhabitat* debido a la mayor disponibilidad de alimento (ambiente más eutrófico) y menores concentraciones de oxígeno presente (Mackensen *et al.*, 1995; Jorissen *et al.* 1995; Fontanier *et al.*, 2002; Murray, 2006; Martins *et al.*, 2006, 2007) en esas estaciones. Además estos géneros son característicos de aguas frías a templadas concordante con la hidrodinámica de la zona (AIA, APAN y ACPI).

Por otro lado, los valores de $CaCO_3$ registrados en la estación 22 son típicos de regiones de alta productividad marina (zonas de *upwelling*; 250 g C_{org} m^{-2} $año^{-1}$; Stein, 1991) que a su vez fueron similares a los analizados por Fernández (2019). También especies bioindicadoras de materia orgánica (*Buliminella elegantissima*, Lançone *et al.*, 2005) presentes en zonas de plataforma (22 y 4) se asocian a las descargas continentales del RdIP (Eichler *et al.*, 2012; Burone *et al.*, 2013), de todas formas la abundancias de foraminíferos en estas estaciones no fueron muy elevadas debido a los bajos porcentajes de MO (correlación negativa entre las arenas finas y la MO), y a la no detección de C_{org} , N_{tot} . En las estaciones 22, 4 y 7 (sobre la plataforma; 29 a 144 m) no puede aplicarse el modelo TROX (a pesar de ser considerados ambientes oligotróficos y bien oxigenados) porque en zonas menos profundas, como las aquí mencionadas, las corrientes de fondo, la salinidad y el tipo de sustrato pueden ser más

importantes en el control del sistema bentónico (Loubere & Fariduddin, 1999). Aquí dominan los géneros de foraminíferos que habitan sobre la superficie del sedimento, epifaunales (por ejemplo, *Discorbis*, *Pyrgo*, *Quinqueloculina* géneros de ambientes óxicos y herbívoros). Pero también se encuentran géneros de ambientes óxicos y sustratos duros como *Cibicides* que prefieren como su hábito de vida el infaunal.

Bioindicadores de masa de aguas y disolución de CaCO_3 (CCD)

En relación a la distribución en profundidad de los foraminíferos estos están de acuerdo con lo esperado según la bibliografía (Murray, 2006). Los aglutinantes aumentan su densidad con la profundidad (y con el aumento de los sedimentos finos) debido a que se encuentra el primer nivel de disolución del carbonato (lisoclina) a los 3500 m para zonas subtropicales (Stramma & England, 1999; Petro & Burone, 2018), impidiendo que tanto porcelanaceos como hialinos se preserven de forma íntegra y empiezan a sufrir señales de descalcificación. A su vez, las abundancias de foraminíferos planctónicos presentes en las estaciones 13, 12 y 11 (Grupo I) también se ven afectados con el aumento de la profundidad de la columna de agua, según Leckie & Olson (2003) sus abundancias máximas se dan en el quiebre de plataforma (estaciones 9 y 10), y al acercarse a la profundidad de la lisoclina y estar bajo la influencia de la masa de agua más corrosiva en el área como es el agua circumpolar profunda inferior (ACPI) las abundancias disminuyen (Petro & Burone, 2018).

Es de destacar que si bien no se realizó un análisis cuantitativo de otros organismos encontrados sí se observó un claro gradiente de protozoos marinos como fueron los radiolarios y espículas de esponjas, en aumento con la profundidad. Estos organismos y las espículas están compuestos por un esqueleto silíceo que sedimenta en los fondos oceánicos (Campbell, 1954; Kudo, 1969) al igual que los foraminíferos. Así como la abundancia de foraminíferos planctónicos, bentónicos y los valores de CaCO_3 disminuyen en las estaciones más profundas al acercarse a la lisoclina (Petro & Burone, 2018), los organismos compuestos de sílice aumentan.

Los foraminíferos planctónicos pertenecientes a las provincias latitudinales de aguas subtropicales y tropicales aparecieron a partir del talud (1174 m) con mayor abundancia en la estación 8 de la especie tropical a subtropical (*Pulleniatina obliquiloculata*) y denotan la influencia de la corriente cálida de Brasil sobre el MCU. De todas formas, los foraminíferos de aguas transicionales (*Globorotalia inflata* y *Globigerinita glutinata*) demuestran la mezcla de masas de agua de características contrastantes sobre el MCU con la confluencia de las

dos corrientes (Schmid & Garzoli, 2009; Tomczak & Goldfrey, 2003), y gran presencia en las estaciones 10, 13, 12 y 11 de aguas polares y subpolares provenientes del Norte y del Sur (APAN y ACPI) visualizado a partir de las especies polares y subpolares de foraminíferos planctónicos predominantes (*Neogloboquadrina pachyderma* y *Turborotalita quinqueloba*; Petro, 2019).

Además la presencia de algunas especies de foraminíferos bentónicos características de las masas de agua (ASA y AIA) presentes en la región como *Angulogerina angulosa* y *Cibicides refulgens* (presentes en la estación 8) denotan la presencia de la CM (Boltovskoy & Wright, 1959; Eichler *et al.*, 2012) y características del talud superior (Harloff & Mackensen, 1997). La especie *Uvigerina peregrina*, con gran presencia en las estaciones que se encuentran a partir de la plataforma externa, está asociada a temperaturas frías como se observa en la región la ACAS y la APAN (Murray, 2006; Eichler *et al.*, 2012). Por otro lado, la especie *Bulimina marginata* se asocia al FSTP (convergencia de aguas contrastantes en plataforma, corroborado en el trabajo de Eichler *et al.*, (2012) por presentar poca variabilidad en su posición latitudinal a lo largo del año) se encuentra con alta proporción en la estación 4 a pesar de que dicha estación está un poco más al sur. Por último, *Buccella peruviana* presente en las estaciones de plataforma, se asocia a la masa de ASA como sugiere la bibliografía (Eichler *et al.*, 2012).

Algunos de los foraminíferos planctónicos característicos de aguas tropicales que se encontraron en la estación 8 presentan señales tafonómicas como la piritización o señales de desgaste que podrían deberse a que se encuentran en el eje de un canal contornítico, lugar de características erosivas (Hernández-Molina *et al.*, 2015), donde los sedimentos, su fauna asociada y la fauna de la columna de agua que deposita puede afectarse. También podría deberse a que exista un afloramiento de materiales más antiguos o que sea material trasladado desde otras regiones sufriendo desgaste.

5. CONCLUSIONES

A partir del análisis sedimentológico, geoquímico y microfaunístico realizado sobre los sedimentos superficiales del margen continental Uruguayo, fue posible inferir el ingreso de sedimento de las dos fuentes reconocidas en el área (Río de la Plata y sedimento Pampeano del Margen Continental Argentino) y relacionarlos con la hidrodinámica actual y pasada (UMG) así como con la geomorfología de fondo. Señales biogeoquímicas en el sedimento de fondo reflejan la alta productividad marina que caracterizan las masas de agua presentes en

la región así como el gradiente batimétrico se refleja claramente en la distribución de los diferentes tipos de paredes de foraminíferos bentónicos y las distintas influencias.

Fue posible distinguir diferentes ambientes en cuanto a sus características geoquímicas: ambiente de plataforma, con la presencia de una paleocosta caracterizado por el mayor contenido de CaCO_3 y Ca con dominancia de arenas finas. Ambiente del talud superior sobre un canal contornítico con características erosivas (granulometría más gruesa), y sobre un *drift*, con sedimentos de origen pampeano. Ambiente del talud inferior con sedimentos limo-arcillosos con señales de Ti/Ca y Fe/Ca de origen continental asociado al RdIP.

La materia orgánica y el C_{org} presente en los sedimentos fue menor de lo esperado teniendo en cuenta la productividad primaria del área, observándose un desacople entre superficie y sedimento. Posiblemente asociado al consumo de la MO lábil por parte de la microfauna oportunista o debido a transportes laterales. Ésta MO respondió principalmente a un origen marino, pero se encontraron algunas estaciones con valores de $\delta^{15}\text{N}$ por encima quizás indicando una contribución mixta.

Los géneros identificados de foraminíferos tanto bentónicos como planctónicos se correlacionaron con la productividad local en cada estación, con mayor abundancia ante la mayor disponibilidad de alimento, C_{org} y N_{tot} . Las masas de agua se correlacionaron con la fauna de planctónicos, las aguas frías que dominaron en la región (APAN, ACPI, AIA correlacionadas con *Neogloboquadrina pachyderma* y *Turborotalita quinqueloba*), cálidas (AT con *Pulleniatina obliquiloculata*) y aguas de transición (*Globorotalia inflata* y *Globigerinita glutinata*). También especies de foraminíferos bentónicos fueron correlacionados con masas de agua presentes en el área como *Buccella peruviana* con ASA, *Angulogerina angulosa* y *Cibicides refulgens* características de ASA y AIA; *Uvigerina peregrina* ACAS y la APAN; *Bulimina marginata* asociada al FSTP, evidenciando la complejidad de la hidrodinámica del MCU.

Este trabajo complementa el conocimiento de los procesos que suceden en el MCU y pueden ser utilizados en los modelos conceptuales que está desarrollando el grupo Cincytema (Ciencia y Tecnología Marina).

6. BIBLIOGRAFÍA

- Adegbie, A.T., Schneider, R.R., Rohl, U., Wefer, G., 2003. Glacial millennial-scale fluctuations in central African precipitation recorded in terrigenous sediment supply and freshwater signals offshore Cameroon. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 197: 323–333 1016/S0031-0182(03)00474-7.
- Alleman, L.Y., Church, T.M., Ganguli, P., Veron, A.J., Hamelin, B., Flegal, A.R., 2001. Role of oceanic circulation on contaminant lead distribution in the South Atlantic. *Deep-Sea Research Part 2*, 48: 2855-2876.
- Armstrong, A. H., Brasier, D. M., 2005. *Microfossils*. Blackwell Publishing, Incorporated. 2nd edition, 304 p.
- Arz, H.W., Pätzold, J., Wefer, G., 1998. Correlated millennial-scale changes in surface hydrography and terrestrous sediment yield inferred from last-glacial marine deposits off northeastern Brazil. *Quaternary Research*, 50: 157-166.
- Bender, V. B., 2012. *From shelf dynamics to shelf export: evidences from sedimentologic and paleoceanographic slope record*. Tesis de doctorado presentada al programa Uuorprox. Germany, University of Bremen.
- Berner, R.A., 1982. Burial of organic carbon and pyrite sulfur in the modern ocean: Its geochemical and environmental significance. *American Journal of Science*, 282.
- 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.
- Bisbal, G.A., 1995. The Southeast South American shelf large marine ecosystem. Evolution and components. *Marine Policy*, 19 (1): 21-38.
- Biscaye, P., E., 1965. Mineralogy and sedimentation of recent deep-sea clay in the Atlantic Ocean and adjacent seas and oceans, *Geol. Soc. Am. Bull.* 76(7): 803– 832.
- Blott, S.J. & Pye, K., 2001. Gradistat: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. En: *Earth Surface Processes and Landforms*, 26, pp.1237-1248.
- Boltovskoy, E. & Wright, R., 1959. Foraminifera as biological indicator in study of ocean currents. *Micropaleontology*, vol. 5, no. 4: 473-481. <http://dx.doi.org/10.2307/1484129>.
- Boltovskoy, E., 1965. Los foraminíferos recientes. Editorial universitaria de Buenos Aires. 507 pp.
- Broecker, W. S. & Peng, T-H., 1982. *Tracers in the Sea*. Lamont-Doherty Earth Obs., Palisades, N.Y.
- Boebel, O., Schmid, C., Zenk, W., 1999. Kinematic elements of Antarctic Intermediate Water in the western South Atlantic. *Deep-Sea Research I*, 46: 355-392.
- 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.

Burone, L. & Pires-Vanin, A.M.S., 2006. Foraminiferal assemblages in the Ubatuba Bay, south-eastern Brazilian Coast. *Scientia Marina*, v. 70, n. 2, p. 203- 217.

Burone, L., Venturini, N., Sprechmann, 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., Valente, P., Pires-Vanin, A. M. S., Sousa, S. H. de M., Mahiques, M. M., Braga, E., 2007. Benthic foraminiferal variability on a monthly scale in a subtropical bay moderately affected by urban sewage. *Scientia Marina*, 71(4): 775-792.

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., Marín, Y., Brugnoli, E., Nagai, R., Muniz, P., Bicego, M., Figueira, R., Salaroli, A., 2013. A multiproxy study between the Río de la Plata and the adjacent South-western Atlantic inner shelf to. *Continental Shelf Research*, 55: 141 - 154.

Burone, L., Centurión, V., Cibils, L., Franco-Fraguas, P., García-Rodríguez, F., García, G., Pérez, L., 2014. Sedimentología y Paleoceanografía, in URUGUAY, MAR TERRITORIAL / Programa oceanográfico de caracterización del margen continental de la Republica Oriental del Uruguay. ANCAP: Montevideo. p. 54 – 56.

Burone, B., Franco-Fraguas, P., Mahiques, M., Lahuerta, N., Rada, J., Rodríguez, M., Bicego, M., Marín, Y., Gómez-Erache, M., Ortega, L., 2019. The imprint of the geological inheritance and present dynamics on uruguayan inner shelf sediments (south-western atlantic). *Journal of Sedimentary Environments*, 4 (4): 403-420.

Campbell, A. 1954. Subclass Radiolaria, p. D11-D163. *In* : Moore, R.C. (ed.), *Treatise of Invertebrate Paleontology*. Protista 3. Geological Society of America and Kansas University Press, Lawrence, Kansas. Pp. D.11-D.163.

Campos, E. J. D., Mulkerherjee, S., Piola, A. R., de Carvalho, F. M. S., 2008. A note on a mineralogical analysis of the sediments associated with the Plata River and Patos Lagoon outflows. *Continental Shelf Research*, 28: 1687-1691.

Carranza, A., Muñoz-Recio, A., Kitahara, M., Scarabino, F., Ortega, L., López, G., Franco-Fraguas, P., De Mello, C., Acosta, J., Fontan, A., 2012. Deep-water coral reefs from the Uruguayan outer shelf and slope. *Marine Biodiversity*.

Cibils, L. 2016. Productividad marina en el el Margen Continental Uruguayo – Atlántico suroccidental: Un análisis multiproxie. Tesina de Grado. Licenciatura de Biología, opción Oceanografía 88p.

Corliss, B.H., 1985. Microhabitats of benthic foraminifera within deep-sea sediments. *Nature*, 314, pp. 435-438. Corliss, B.H., 1991. Morphology and microhabitat preferences of benthic foraminifera from the northwest Atlantic Ocean. *Marine Micropaleontology*, 17, pp. 195–236. Corliss, B.H., Chen, C., 1988. Morphotype patterns of Norwegian Sea deep-sea foraminifera and ecological implications. *Geology*, 16: 716-719.

Corliss, B.H. & Chen, C., 1988. Morphotype patterns of Norwegian Sea deep-sea foraminifera and ecological implications. *Geology*, 16: 716-719.

Corliss, B.H., 1991. Morphology and microhabitat preferences of benthic foraminifera from the northwest Atlantic Ocean. *Marine Micropaleontology*, 17, pp. 195–236.

Corliss, B.H., Chen, C., 1988. Morphotype patterns of Norwegian Sea deep-sea foraminifera and ecological implications. *Geology*, 16: 716–719.

Correa, I.C.S. 1996. Les variations du niveau de la mer durant les derniers 17.500 ans BP: l'exemple de la plateforme continentale du Rio Grande do Sul-Brésil. *Marine Geology* 130: 163–178.

Danovaro, R., Fonda, S., Pusceddu, A., 2009. Climate change and the spreading of marine mucilage and pathogenic microbes in the Mediterranean Sea. *PLoS ONE*, 4(9), e7006, doi:10.1371/journal.pone.0007006.

De Mello e Sousa, S.H., 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. *Marine Micropaleontology*, 61: 40- 57.

De Mello, C., Burone, L., Ortega, L., Franco-Fraguas, P., Lahuerta, N., Mahiques, M., Marín, Y., 2014. *Benthic foraminiferal distributions on the Uruguayan continental margin (South-western Atlantic) and controlling environmental factors*. *Continental Shelf Research*, 91: 120 - 133.

De Santa Ana, H., Latrónica, L., Tomasini, J., Morales, E., Ferro, S., Gristo, P., Machado, L., Veroslavsky, G., Ucha, N., 2008. Economic and exploratory review of gas hydrates and other gas manifestations of the Uruguayan continental shelf. *Proceedings of the 6th International Conference on Gas Hydrates (ICGH 2008)*. Vancouver, British Columbia, CANADA.

De Santa Ana, H., Veroslavsky, G., Morales, E., 2009. Potencial exploratorio del offshore de Uruguay. *Revista de la Industria Petrolera*. Cuarta epoca, 12: 48-59.

Dias, J.A., 2004. A análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinhos. 84 p. Universidade de Algarve.

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

Eichler, P.P.B., Rodrigues, A.R., Eichler, B.B., Braga, E.S. & Campos, E.J.D., 2012. Tracing latitudinal gradient, river discharge and water masses along the Subtropical South American Coast using benthic Foraminifera assemblages/Registro do gradiente latitudinal, de descargas de rios e de massas de água ao longo da costa subtropical da A. *Brazilian Journal of Biology*, 72 (3): 723.

Eichler, P.P.B., Amorin, A., Xavier, D., Barcellos, R., 2020. Influence of submarine sewage outfall in the sediment quality of São Sebastião channel (São paulo, br) through foraminiferal assemblages. *J Aquac Mar Biol.* , 9(1): 24–30. DOI: 10.15406/jamb.2020.09.00273

Emilson, I., 1961. The shelf and coastal waters off southern Brazil. *Boletim do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo* 11: 101–112.

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

Fernández, C., 2019. Variaciones paleoceanográficas en el Atlántico Sudoccidental (Zona de Convergencia de las Corrientes Brasil - Malvinas): un enfoque geoquímico. Tesina de grado de licenciado en ciencias biológicas. UdelaR. Montevideo-Uruguay.

Folk, R. & Ward, W.C., 1957. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27: 3–26.

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.

Framiñan, M., B., Brown, O., B., 1996. Study of the Río de La Plata turbidity front. Part I: spatial and temporal distribution. *Continental Shelf Research*, 16: 1259- 1282.

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.

Franco-Fraguas, P., Burone, L., Mahiques, M., Urien, C., Ortega, L., Muñoz, A., López, G., Marín, Y., Carranza, A., Lahuerta, N., De Mello, C., 2014. Morphology and surface sedimentation on the upper and middle continental slope off Uruguay. *Mar.Geol.*349, 24–26.

Franco-Fraguas, P., 2015. Procesos de sedimentación en el atlántico sudoccidental: un enfoque multidisciplinario en el margen continental uruguayo. Tesis de Doctorado, PEDECIBA BIOLOGÍA.

Franco-Fraguas, P., Burone, L., Mahiques, M., Ortega, L., Carranza, A. 2016. Modern sedimentary dynamics in the Southwestern Atlantic Contouritic Depositional System: New insights from the Uruguayan margin based on a geochemical approach. *Marine Geology*. doi: 10.1016/j.margeo.2016.03.008.

Franco-Fraguas, P., Burone, L., Goso, C., Scarabino, F., Muzio, R., Carranza, A., Ortega, L., Muñoz, A., Mahiques, M., 2017. Sedimentary processes in the head of the Cabo Polonio Mega Slide Canyon (Southwestern Atlantic Margin off Uruguay). *Latin american journal of sedimentology and basin analysis*, 24 (1): 31-44.

Franke, D., Neven, S., Ladage S., Schreckenberger, B., Hinz, K., 2007. Margin segmentation and volcano tectonic architecture along the volcanic margin off Argentina/Uruguay, South Atlantic. *Marine Geology*, 244(1-4): 46-67.

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. The South Atlantic in the Late Quaternary: Reconstruction of Material Budgets and Current Systems*. M. S. Wefer G., Ratmeyer V. Berlin Heidelberg New York Tokyo, Springer-Verlag, 347-373.

Leckie, R.M. & Olson, H.C., 2003. Foraminifera as proxies for sea-level change on siliciclastic margins. *Micropaleontologic Proxies for Sea-Level Change and Stratigraphic Discontinuities*, 75: 5 –19.

Gooday, A.J., 1988. A response by benthic foraminifera to the deposition phytodetritus in the deep-sea. *Nature*, 332: 70–73. doi: <http://dx.doi.org/10.1038/332070a0>.

Gooday, A.J., 1994. The Biology of Deep-Sea Foraminifera: A review of Some Advances and Their Applications in Paleooceanography. *Palaios*, 9 (1): 14-31. doi: 10.2307/3515075.

Goldberg, E. D. & Arrhenius, G. O. S., 1958. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 13: 153.

Goldstein, S.T., 1999. Foraminifera: A biological overview. In: Sen Gupta, B.K. (ed.) *Modern foraminifera*. Kluwer Academic Publishers, New York, pp. 37-55.

Govin, A., Holzwarth, U., Heslop, D., Keeling, L.F., Zabel, M., Mulitza, S., Collins, J.A., Chiessi, C.M., 2012. Distribution of major elements in Atlantic surface sediments (36°N–49°S): imprint of terrigenous input and continental weathering. *Geochem. Geophys. Geosyst.* 13, Q01013.

Guerrero, R.A. & Piola, A.R., 1997. Masas de agua en la Plataforma Continental. En: Boschi, E.E. (ed.), *El Mar Argentino y sus Recursos Pesqueros*, Volume 1. Mar del Plata, Argentina: Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, pp. 107-118.

Guerrero, R.A., Acha, E.M., Framiñan, M.B., Lasta, C.A., 1997. Physical Oceanography of the Río de la Plata estuary, Argentina. *Continental Shelf Research* 17(7): 727–742.

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.

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.

Harloff, J. & Mackensen, A., 1997. Recent benthic foraminiferal associations and ecology of the Scotia Sea and Argentine Basin. *Marine Micropaleontology*, vol. 31, no. 1-2: 1-29. [http://dx.doi.org/10.1016/S0377-8398\(96\)00059-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0377-8398(96)00059-X).

Hammer, O., Harper, D.A.T. y Ryan, P.D., 2001. PAST: Paleontological Statistic software package for education and data analysis. *Paleontologia electrónica*, 4(1), pp.9.

Heberer, B., Röser, G., Behrmann, J., Rahn, M. & Kopf, A., 2010. Holocene sediments from the Southern Chile Trench: a record of active margin magmatism, tectonics and palaeoseismicity. *Journal of the Geological Society*, 167: 539-553, <https://doi.org/10.1144/0016-76492009-015>

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: 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.

Hernández-Molina, F.J., Soto, M., Piola, A., Tomasini, J., Preu, B., Thompson, P., Badalini, G., Creaser, A., Violante, R., Morales, E., Paterlini, M., De Santa Ana, H., 2015. A contourite depositional system along the Uruguayan continental margin: Sedimentary, oceanographic and paleoceanographic implications. *Marine Geology*.

Hinz, K., Neben, S., Schreckenberger, B., Roeser, H., Block, M., Goncalves de Souza, K., Meyer, H., 1999. The Argentine continental margin north of 48°S: sedimentary successions, volcanic activity during breakup. *Marine and Petroleum Geology*, 16 (1): 1-25.

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.

Jaeschke, A., Rühlemann, C., Arz, H., Heil, G., Lohmann, G., 2007. Coupling of millennial- scale changes in sea surface temperature and precipitation off northeastern Brazil with high-latitude climate shifts during the last glacial period, *Paleoceanography*, 22, PA4206, doi:10.1029/2006PA001391.

Jorgensen, B., 1982. Mineralization of organic matter in the sea bed—the role of sulphate reduction. *Nature*, 296: 643–645.

Jorissen, F.J., Stigter, H.C., Widmark, J.G.V., 1995. A conceptual model explain benthic foraminiferal microhabitats. *Marine Micropaleontology*, 26: 3-15. doi: [https://doi.org/10.1016/0377-8398\(95\)00047-X](https://doi.org/10.1016/0377-8398(95)00047-X).

Jorissen, F.J., Fontanier, C., Thomas, E., 2007. Paleoceanographical proxies based on deep-sea benthic foraminiferal assemblage characteristics. In: Hillaire-Marcel, C. Vernal, A. (Eds.), *Proxies in Late Cenozoic Paleoceanography (Pt.2): Biological Tracers and Biomarkers*. Elsevier, pp. 263–326. doi: [https://doi.org/10.1016/S1572-5480\(07\)01012-3](https://doi.org/10.1016/S1572-5480(07)01012-3)

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.

Kudo, R. 1969. Protozoología. Edit. CECSA, México, pp. 483-485.

Lahuerta, N., 2014. Determinação do grau da influência terrestre versus marinha ao longo da transição Río de La Plata - Oceano Atlântico Sul, através de proxies bióticos e abióticos. Tesis de maestria. Instituto oceanografico, USP. San Pablo - Brasil.

Langone, R.B., Duleba, W. & Mahiques, M.M., 2005. Dinâmica de fundo da Enseada Do Flamengo, Ubatuba, Brasil, Tafonomía de Foraminíferos. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 8 (3): 181 - 192.

Lantzsch, H., Hanebuth, T.J.J., Chiessi, C.M., Schwenk, T., Violante, R.A., 2014. The high-supply, current-dominated continental margin of southeastern South America during the late Quaternary. *Quaternary Research* 81: 339-354. <https://doi.org/10.1016/j.yqres.2014.01.003>.

Laprida, C., García Chaporí, N., Ramón Mercáu, J., Watanabe, S., Totah, V., Marcolini, S., Violante, R., 2014. Condicionantes ambientales de comunidades de foraminíferos

bentónicos durante el Pleistoceno medio en el Atlántico Sudoccidental. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 71 (3): 356 - 368.

Lim, D.I., Jung, H.S., Choi, J.Y., Yang, S., Ahn, K.S., 2006. Geochemical compositions of river and shelf sediments in the Yellow Sea: Grain-size normalization and sediment provenance. *Continental Shelf Research*, 26: 15–24.

Linke, P. & Lutze, G.F., 1993. Microhabitat preferences of benthic foraminifera – a static concept or a dynamic adaptation to optimize food acquisition?. *Marine Micropaleontology*, 20 (3-4): 215-234. doi: 10.1016/0377-8398(93)90034-U.

López-Laborde, J., 1987. Distribución de sedimentos superficiales de fondo en el Río de la Plata exterior y plataforma adyacente. *Investigaciones Oceanológicas*, 1: 19-30.

Loubere, P., Fariduddin, M., 1999. Benthic foraminifera and the flux of organic carbon to the seabed. In: Sen Gupta, B.K. (Ed.), *Modern Foraminifera*. Kluwer Academic Press, London, pp. 181–200.

Mackensen, A., Schmiedl, G., Harloff, J., Giese, M., 1995. Deep-sea foraminifera in the South Atlantic Ocean; ecology and assemblage generation. *Micropaleontology*, 41 (4): 342–358.

Mahiques, M.M., Mishima, Y., Rodrigues, M., 1999. Characteristics of the sedimentary organic matter on the inner and middle continental shelf between Guanabara Bay and São Francisco do Sul, eastern Brazilian margin. *Continental Shelf Res*, 19: 775– 798

Mahiques, M.M., Tessler, M.G., Ciotti, A.M., da Silveira, C.A., de Mello e Souza, S.H., Figueira, R.C.L., Tassinari, C.C.G., Furtado, V.V., Passos, R.F., 2004. Hydrodinamically driven patterns of recent sedimentation in the shelf and upper slope off Southeast Brazil. *Continental Shelf Research*, 24: 1685–1697.

Mahiques, M.M., Gaeta Tassinari, C.C., Marcolini, S., Violante, R.A., Lopes Figueira, R.C., Almeida da Silveira, I.C., Burone, L., Sousa, S.H.M., 2008. Nd and Pb isotopes signatures on the southeastern southamerica upper margin: implication for sediment transport and source rocks. *Marine Geology* 250: 51-63.

Mahiques, M. M., Burone, L., De Oliveira, A. A., Capellari, B., Rogacheski, C. E., Barroso, C. B., Sanmartino, L. A., Corder, L., Coppede, M., Lopes, Figueira, R. C., 2009. Anthropogenic influences in a lagoonal environment: A multiproxy approach at the Valo Grande mouth, Cananéia-Iguape system (SE Brazil). *Brazilian Journal of Oceanography*, 57: 325-337.

Mahowald, N. M., Muhs, D. R., Levis, S., Rasch, P. J., Yoshioka, M., Zender, C. S., and Luo, C., 2006. Change in atmospheric mineral aerosols in response to climate: Last glacial period, preindustrial, modern, and doubled carbon dioxide climates, *J. Geophys. Res.*, 111, D10202, doi:10.1029/2005JD006653.

Marin, Y., Chocca, J., González, B., Beathyate, G., 2014. Resumen de las interacciones entre la actividad pesquera y otras actividades antrópicas en el río de la plata y zona económica exclusiva uruguaya. En: Uruguay, margen continental. Programa oceanográfico de caracterización del margen continental uruguayo. Zona Económica Exclusiva. pp. 139-154. Facultad de Ciencias, Universidad de la República - ANCAP, Montevideo.

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, L.R., Urien, C.M., Martins, I.R., 2005. Gênese dos sedimentos da plataforma continental Atlântica entre o Rio Grande do Sul (Brasil) e Tierra del Fuego (Argentina). *Gravel* 5: 85-102.

Martins, V., Jouanneau, J.M., Weber, O., Rocha, F., 2006. Tracing the late Holocene evolution of the NW Iberian upwelling system. *Marine Micropaleontology*, 59: 35-55. doi:10.1016/j.marmicro.2005.12.002.

Martins, V., Dubert, J., Jouanneau, J., M., Weber, O., Ferreira da Silva, E., Patinha, C., Alverinho Dias, J., M., Rocha, F., 2007. A multiproxy approach of the Holocene 83 evolution of shelf-slope circulation on the NW Iberian continental shelf. *Marine Geology*, 239: 1–18. doi:10.1016/j.margeo.2006.11.001.

Matano, R.P., Palma, E.D., Piola, A.R., 2010. The influence of the Brazil and Malvinas Currents on the Southwestern Atlantic Shelf circulation. *Ocean Science*, 6: 983-995.
Magalhaes, F., Dias, A., Taborda, R., 1991. Memórias e Notícias, Publ. Mu.; Lab. Mineral. Geol., Univ. Coimbra, nº 112.

Meyers, P.A., 1997. Organic geochemical proxies of paleoceanographic, paleolimnologic and paleoclimatic processes. *Organic Geochemistry*, 27: 213–250.

Mojtahid, M., Griveaud, C., Fontanier, C., Anschutz, P., Jorissen, F., 2010. Live benthic foraminiferal faunas along a bathymetrical transect (140–4800 m) in the Bay of Biscay (NE Atlantic). *Revue de Micropaléontologie*, 53: 139-162.

Möller Jr., O.O., Piola, A.R., Freitas, A.C., Campos, E.J.D., 2008. The effects of river discharge and seasonal winds on the shelf off southeastern South America. *Continental Shelf Research*, 28: 1607– 1624.

Muller-Karger, F., Varela, R., Thunell, R., Luerssen, R., Hu, C., Walsh, J., 2005. The importance of continental margins in the global carbon cycle. *GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS*, L01602, doi:10.1029/2004GL021346. 1.

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

Murray, J. W., 1991. Ecology and palaeoecology of benthic foraminifera. London: Longman Scientific and Technical.

Murray, J.W., 2006. Ecology and Applications of Benthic Foraminifera. Cambridge, UK, Cambridge University Press, 426 p.

Nagai, R. H., Sousa, S. H. M., Burone, L., Mahiques, M. M., 2009. Paleoproductivity changes during the Holocene in the inner shelf of Cabo Frio, southeastern Brazilian continental margin: Benthic foraminifera and sedimentological proxies. *Quat Int*, 206:62-71.

Nagy G. J, Gómez-Erache M., López C. H, Perdomo A. C., 2002. Distribution patterns of nutrients and symptoms of eutrophication in the Río de la Plata Estuary System. *Hydrobiologia*, v. 475/476, n. 1, p. 125-139.

Nitttrouer, C.A., Austin, J.A., Field, M.E., Kravitz, J.H., Syvitski, J.P.M., Wiberg, P.L., 2007. Continental Margin Sedimentation: From Sediment Transport to Sequence Stratigraphy. International Association of Sedimentologists. Blackwell Publishing Ltd.

Núñez-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. *Palaeogeography. Palaeoclimatology. Palaeoecology*. 374: 123–131.

Ortega, L. & Martínez, A., 2007. Multiannual and Seasonal Variability of Water Masses and Fronts Over the Uruguayan Shelf. *Journal of Coastal Research*, 23:618-629.

Paytan, A., Kastner, M., Martin, E.E., MacDougall, J.D., Herbert, T., 1993. Marine barite as a monitor of seawater strontium isotope composition. *Nature*, 366: 445–449.

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

Perez, L., García-Rodríguez, F., & Hanebuth, T. J. J. 2016. Variability in terrigenous sediment supply offshore of the Río de la Plata (Uruguay) recording the continental climatic history over the past 1200 years. *Climate of the Past*.

Peterson, R.G. & Stramma, L., 1991. Upper-level circulation in the South Atlantic Ocean. *Progress in Oceanography*, 26: 1-73.

Petró, S.M., Burone, L., 2018. Changes in water masses in the Late Quaternary recorded at Uruguayan Continental Slope (South Atlantic Ocean). *Journal of Sedimentary Environments*, 3 (4): 280-289.

Petró, S.M., 2019. Guia para classificação de foraminíferos planctônicos recentes. IGEO/UFRGS, Porto Alegre, 79 pp.

Piola, A. R. & Gordon, A. L., 1989. Intermediate water in the southwest South Atlantic, *Deep Sea Res.*, 36, pp. 1- 16.

Piola, A. R., Campos, E. J. D., Moller, Jr. O. O., Charo, M., Martínez, C. M., 2000. Subtropical shelf front off eastern South America. *Journal Of Geophysical Research*, 105: 6566–6578.

Piola, A.R., Matano, R.P., 2001. The South Atlantic Western Boundary Currents Brazil/Falkland (Malvinas) Currents., in: Steele, J.M., Thorpe, S.A., Turekian, K.K. (Eds.), *Encyclopedia of Ocean Sciences*. Academic Press, London, UK, pp. 340- 349.

Piola, A.R., Moller, Jr., O.O., Guerrero, R.A., Campos, E.J.D., 2008. Variability of the Subtropical Shelf Front off eastern South America: winter 2003 and summer 2004. *Continental Shelf Research*, 28: 1579-1588.

Prahl, F. G., Ertel, J. R., Goni, M. A., Sparrow, M. A., Eversmeyer, B., 1994. Terrestrial organic carbon contributions to sediments on the Washington margin. *Geochimica. 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.

Preu, B., Hernández-Molina, F.J., Violante, R., Piola, A.R., Paterlini, C.M., Schwenk, T., Voigt, I., Krastel, S., Spiess, V., 2013. Morphosedimentary and hydrographic features of the northern Argentine margin: the interplay between erosive, depositional and gravitational processes and its conceptual implications. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 75: 157–174.

Rabellino, J., 2016. El rol del frente subtropical de plataforma sobre huevos y larvas de *Engraulis anchoita* utilizando un enfoque bio-físico. Tesis Maestría Pedeciba Geociencias 151 pp.

Razik, S., Govin, A., Chiessi, C. M., & von Dobeneck, T. 2015. Depositional provinces, dispersal, and origin of terrigenous sediments along the SE South American continental margin. *Marine Geology*, 363: 261–272.

Roy, C. 2003. *Marine Geochemistry*. 2a ed. Blackwell Publishing. Malden, US. 506p.
Schütz, L., Rahn, K. A., 1982. Trace-element concentrations in erodible soils, *Atmos. Environ.*, 16(1): 171–176.

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.

Schmid, C. & Garzoli, S.L., 2009. New observations of the spreading and variability of the Antarctic Intermediate Water in the Atlantic. *Journal of Marine Research*, 67: 815–843.

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

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.

Schütz, L., Rahn, K. A., 1982. Trace-element concentrations in erodible soils, *Atmos. Environ.*, 16(1): 171–176.

Shiller, A. M., 1982. The geochemistry of particulate major elements in Santa Barbara Basin and observations on the calcium carbonate-carbon dioxide system in the ocean, PhD thesis, 197 pp., Univ. of California, San Diego.

Silveira, I.C.A., Schmidt, A.C.K., Campos, E.J.D., Godoy, S.S., Ikeda, Y., 2000. A Corrente do Brasil ao largo da Costa Leste Brasileira. *Revista Brasileira de Oceanografia* 48: 171-183.

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. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2011.07.001>.

Souza, 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 Micropaleontology*, 61:40-57.

Suguio, K. 2003. *Geología sedimentar*. São Paulo: Blucher, 2003. 400pp.

Suguio, K., Tatum, S. H., Kowata, E.A., Munita, C.S., Paiba, R.P., 2003. Upper Pleistocene deposits of the Comprida Island (Sao Paulo State) dated by thermoluminescence method. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias* 75: 91-96.

Stramma, L. & England, M., 1999. On the water masses and mean circulation of the South Atlantic Ocean, *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 104: 20863-20883.

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.

Thomsen, H., 1962. Masas de agua características del Océano Atlántico (parte Sudoeste). Buenos Aires: Servicio de Hidrografía Naval, Secretaría Marina, Publication H632: 1-27.

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

Tyson, R. V., 1995. *Sedimentary organic matter. Organic facies and palynofacies*. London: Chapman and Hall.

Urien, C.M. & Ewing, M., 1974. Recent sediments and environment of southern Brazil, Uruguay, Buenos Aires, and Rio Negro continental shelf. *The Geology of Continental Margins*. C. A. Burk, Drake, C.L. New York, N.Y., Springer: 157-177.

Urien, C.M., Martins, L.R., Martins, I.R., 1980. Evolução geológica do Quaternário do litoral Atlântico Uruguaio, plataforma continental e regiões vizinhas. *Notas Técnicas*, 3: 7-43.

Walsh, J. J., 1991. Importance of continental margins in the marine bio-geochemical cycling of carbon and nitrogen, *Nature*, 350: 53 – 55.

Wefer, G., Berger, W.H., Bijma, J., Fischer, G., 1999. Clues to ocean history: A brief overview of proxies, in: G. Fischer, G. Wefer (Eds.), *Use of Proxies in Paleoceanography: Examples from the South Atlantic*, Springer, Berlin, pp. 1-68.

Wentworth, C.K., 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, 30: 377-392. En Suguio, 2003, *Geología Sedimentar*. Ed. Edgar Blücher, São Pablo, Brasil. 400 p. 1º edição.

Yamashita, C., de Mello e Sousa, S. H., Marques, Vicente T., Martins, M. V., Nagai, R. H., Frontalini, F., Godoi S. S., Napolitan D., Burone L., 2018. Environmental controls on the distribution of living (stained) benthic foraminifera on the continental slope in the Campos Basin area (SW Atlantic). DOI 10.1016.

7. ANEXOS

Anexo A. Tabla de abundancias de especies de foraminíferos bentónicos por estación. Los espacios vacíos equivalen a 0. Las filas en color verde corresponde a hábito de vida Infaunal y en celeste hábito Epifaunal.

Generos/Especies	22	4	7	8	9	10	11	12	13
Aglutinantes									
<i>Adercotryma spp</i>							12		
<i>Ammobaculites spp</i>					36	16	16	3	
<i>Ammoscalaria spp</i>		2	8		22				
<i>Ammotium spp</i>	4				34	16	20		36
<i>Bigenerina spp</i>							24		
<i>Cribrostomoides spp</i>			2	28	52	40		2	
<i>Cyclammina sp</i>								1	
<i>Haplophragmoides spp</i>					4		20	5	
<i>Hormosinella</i>					32	8		10	
<i>Hyperammina spp</i>			8			112	4	5	
<i>Lagenammina spp</i>			24	16	72		56	2	18
<i>Miliammina spp</i>		1					4		
<i>Polychasmina spp</i>							4		2
<i>Prolixoplecta exilis</i>		10	8	32		240		4	
<i>Protoschista spp</i>							4		
<i>Psammosphaera fusca</i>			8		130	8	20	4	1
<i>Reophax spp</i>	4	1	16	12	22	72	24	3	
<i>Saccammina spp</i>							32		1
<i>Spiroplectinella</i>					36				
<i>Textularia spp</i>				16			36	1	36
<i>Tritaxis spp</i>				48	74		12	2	
<i>Trochammina spp</i>	40		92	240	356	208	76	33	55
Porcelanaceos									
<i>Massilina secans</i>	20								
<i>Pyrgo sp</i>	48	3		16		16			
<i>Quinqueloculina spp</i>	68	15		16	36	64	8	4	41
<i>Triloculina spp</i>				16		64	16	20	112

Hialinos	22	4	7	8	9	10	11	12	13
<i>Ammodiscus anguillae</i>			18						
<i>Ammonia spp</i>	8	1	4	32			29		163
<i>Angulogerina angulosa</i>				32					
<i>Bolivina spp</i>	72	203	32	208	986	1480	32	6	55
<i>Buccella peruviana</i>	104	30	4						
<i>Bulimina spp</i>	48	301	24	468	1022	304		4	5
<i>Buliminella spp</i>	32	26	4	16	72	64			
<i>Cancris spp</i>		1							
<i>Cassidulina spp</i>	32	160	696	2388	6368	11912	428	113	561
<i>Cassidulinoides spp</i>	4		130		32			1	
<i>Chilostomella spp</i>				104	258	8	4	8	1
<i>Cibicides spp</i>	16	445	3332	1560	2716	3104	109	30	118
<i>Cibicidoides spp</i>				16	32				12
<i>Cyclogira spp</i>								1	
<i>Dentalina spp</i>					32	40			1
<i>Discorbis spp</i>	256	175	38	96	258	128		22	19
<i>Elphidium spp</i>	68	22	18	32	138	168	1		36
<i>Epistominella exigua</i>		545	3836	9936	15172	13104	2216	515	1373
<i>Eponides spp</i>					128		292	1	688
<i>Eubuliminella spp</i>				80	424			9	1
<i>Fissurina spp</i>			4	136	364	360	36	22	8
<i>Fursenkoina spp</i>	4	1	24	640	500	528	24	23	56
<i>Globobulimina spp</i>					484	280	272	92	13
<i>Globulina spp</i>				16					
<i>Guttulina spp</i>			4	16	32		4	3	18
<i>Gyroidina spp</i>					32	64	56		50
<i>Gyroidinoides spp</i>									2
<i>Hanzawaia spp</i>		1		16	32				

Hialinos	22	4	7	8	9	10	11	12	13
<i>Hoeglundina spp</i>				108		88			1
<i>Hopkinsina pacifica</i>	8								
<i>Hyalinonettrion clavatum</i>								1	
<i>Islandiella spp</i>	4			32	90	976	4	3	5
<i>Jadammina spp</i>			8						
<i>Labrospira spp</i>					2				
<i>Laevidentalina spp</i>				16					
<i>Lagena spp</i>		15		32	308	8	28	8	81
<i>Lenticulina spp</i>							4		1
<i>Melonis spp</i>	16			540	908	240	88	2	37
<i>Neolingulina</i>					36				
<i>Nodosaria spp</i>				16					
<i>Nonion spp</i>	8						4	3	54
<i>Nonionella spp</i>		10	18	400	1512	768	12	5	54
<i>Nonionoides spp</i>			8						
<i>Oolina sp</i>				16				1	5
<i>Oridorsalis spp</i>				296	500	160		3	20
<i>Polymorphinella vaginulinaeformis</i>				16					
<i>Procerolagena spp</i>							4		1
<i>Pseudononion atlanticum</i>			10			736			
<i>Pullenia spp</i>				168	464	408	13	1	
<i>Reussella spinulosa</i>								1	
<i>Rhumlerella</i>						8			
<i>Rutherfordoides</i>				64	34			1	
<i>Sphaeroidina spp</i>							8	1	14
<i>Spiroplectammina biformis</i>			4						
<i>Stainforthia spp</i>							16	2	
<i>Trifarina spp</i>		2			36		4		93
<i>Uvigerina spp</i>	8	1	1468	3088	7530	3344	873	194	902

Anexo B. Referencias taxonómicas de las especies y géneros de foraminíferos bentónicos consideradas en este trabajo.

Ammobaculites spp. (Cushman, 1910)

Ammonia spp. (Brünnich, 1771)

Ammotium spp. (Loeblich & Tappan, 1953)

Bolivina spp. (d'Orbigny, 1839)

Buccella peruviana (d'Orbigny, 1839)

Bulimina spp. (d'Orbigny, 1826)

Bulimina marginata (d'Orbigny, 1826)

Buliminella elegantissima (d'Orbigny, 1839)

Buliminella spp. (Cushman, 1911)

Cassidulina spp. (d'Orbigny, 1826)

Cassidulinoides spp. (Cushman, 1927)

Chilostomella spp. (Reuss in Czjžek, 1849)

Cibicides spp. (de Montfort, 1808)

Cibicoides spp. (Thalmann, 1939)

Cribr stomoides spp. (Cushman, 1910)

Discorbis spp. (Lamarck, 1804)

Elphidium spp. (Chapman & Parr, 1932)

Epistominella exigua (Brady, 1884)

Eponides spp. (Montfort, 1808)

Ebuliminella spp. (Revets, 1993)

Fissurina spp. (Reuss, 1850)

Fursenkoina spp. (Loeblich & Tappan, 1961)

Globobulimina spp. (Cushman, 1927)
Guttulina spp. (d'Orbigny, 1839)
Gyroidina spp. (d'Orbigny, 1826)
Hoeglundina elegans (d'Orbigny, 1878)
Haplophragmoides spp. (Cushman, 1910)
Hyperammia spp. (Brady, 1878)
Islandiella spp. (Nørvang, 1958)
Lagena spp. (Walker & Jacob, 1798)
Lagenammia spp. (Rhumbler, 1911)
Massilina secans (d'Orbigny, 1826)
Melonis spp. (Montfort, 1808)
Nonion spp. (Montfort, 1808)
Nonionella spp. (Cushman, 1926)
Oridorsalis umbunatus (Reuss, 1851)
Prolixoplecta exilis (Cushman, 1936)
Psammosphaera fusca (Schulze, 1875)
Pseudononion atlanticum (Cushman, 1936)
Pullenia bulloides (d'Orbigny, 1846)
Pyrgo sp. (Defrance, 1824)
Quinqueloculina lamarkiana (d'Orbigny 1839)
Quinqueloculina milletti (Wiesner, 1923) aceptada *Adelosina milletti* (Wiesner, 1923)
Quinqueloculina patagonica (d'Orbigny, 1839) aceptada *Pseudotriloculina patagonica* (d'Orbigny, 1839)
Quinqueloculina spp. (d'Orbigny, 1826)
Reophax spp. (Montfort, 1808)
Rutherfordoides spp. (McCulloch, 1981)
Saccamina spp. (Sars, 1869) aceptado *Saccamina* (Sars in Carpenter, 1869)

Textularia spp. (Defrance, 1824)

Trifarina spp. (Cushman, 1923)

Triloculina spp. (d'Orbigny, 1826)

Trochammina spp. (Parker & Jones, 1859)

Uvigerina spp. (d'Orbigny, 1826)

Anexo C. Tabla de abundancias de especies/géneros de foraminíferos planctónicos por estación. Los espacios vacíos equivalen a 0.

Géneros/Especies	22	4	7	8	9	10	13	12	11
<i>Berggrenia pumilio</i>									4
<i>Globigerina bulloides</i>		1		32	850	56	51	12	4
<i>Globigerina falconensis</i>					112		3	5	8
<i>Globigerinella calida</i>							1		
<i>Globigerinita glutinata</i>			4	80	3108	2984	882	80	204
<i>Globigerinita minuta</i>							36		
<i>Globigerinoides conglobatus</i>									4
<i>Globigerinoides ruber</i>				32	634	40	3	22	4
<i>Globigerinoides sacculifer</i>				24					4
<i>Globoquadrina conglomerata</i>					36				
<i>Globorotalia crassaformis</i>					88		2	6	12
<i>Globorotalia hirsuta</i>				64	46				12
<i>Globorotalia inflata</i>			2	356	3268	536	110	56	244
<i>Globorotalia menardii</i>								2	4
<i>Globorotalia truncatulinoides</i>				40	568	80	5	6	20
<i>Globorotalia tumida</i>								3	
<i>Globoturborotalia tenella</i>				16	16		18		
<i>Neogloboquadrina incompta</i>			2	224	696	16	19	13	72
<i>Neogloboquadrina pachyderma</i>		10	6	368	12298	10688	382	135	36
<i>Pulleniatina obliquiloculata</i>				656	50		8	12	56
<i>Tenuitella iota</i>				16	88		18	2	
<i>Trilobatus trilobum</i>				4			1		
<i>Turborotalita clarkei</i>							36	6	
<i>Turborotalita quinqueloba</i>		32			3266	40	36	313	
<i>Turborotalita spp</i>		8				5056	526		776

Anexo D. Referencias taxonómicas de las especies y géneros de foraminíferos planctónicos consideradas en este trabajo.

Berggrenia pumilio (F.L. Parker, 1962)
Globigerina bulloides (d'Orbigny, 1826)
Globigerina falconensis (Blow, 1959)
Globigerinella calida (Parker, 1962)
Globigerinita glutinata (Egger, 1893)
Globigerinita minuta (Natland, 1938)
Globigerinoides conglobatus (Brady, 1879)
Globigerinoides ruber (d'Orbigny, 1839)
Globigerinoides sacculifer (Brady, 1877) aceptada *Trilobatus sacculifer* (Brady, 1877)
Globoquadrina conglomerata (Schwager, 1866)
Globorotalia crassaformis (Galloway & Wissler, 1927)
Globorotalia hirsuta (d'Orbigny, 1839)
Globorotalia inflata (d'Orbigny, 1839) aceptada *Globoconella inflata* (d'Orbigny, 1839)
Globorotalia menardii (d'Orbigny in Parker, Jones & Brady, 1865)
Globorotalia truncatulinoides (d'Orbigny, 1839)
Globorotalia tumida (Brady, 1877)
Globoturborotalia tenella (Parker, 1958) aceptada *Globigerinoides tenellus* (Parker, 1958)
Neogloboquadrina incompta (Cifelli, 1961)
Neogloboquadrina pachyderma (Ehrenberg, 1861)
Pulleniatina obliquiloculata (Parker & Jones, 1865)
Tenuitella iota (Parker, 1962)
Trilobatus trilobum (Reuss, 1850)
Turborotalita clarkei (Rögl & Bolli, 1973)
Turborotalita quinqueloba (Natland, 1938)
Turborotalita spp (Blow & Banner, 1962)

Anexo E. Tabla con las correlaciones de Pearson entre parámetros abióticos y bióticos. AMG: arena muy gruesa; MO: materia orgánica; D. : densidad; P/B: porcentaje relación planctónicos bentónicos.

	D.bentonicos	D. 0.062	D. 0.125	D. planctonicos	HALINOS	Aglutinantes	Porcelanaceos	Infraunales	Epifaunales	P/B (%)
Gravas	0,13394894	0,15846716	0,02723508	-0,16742404	0,13293078	-0,17356760	-0,07328297	0,05210858	0,23212419	-0,29457359
AMG	0,11161822	0,13656185	0,00770611	-0,16129788	-0,03582553	-0,14739981	0,12121743	0,03667870	0,20196345	-0,35824005
Arena gruesa	0,08094129	0,10773524	-0,02332638	-0,19563526	-0,08078184	-0,13461778	0,16997480	0,00860274	0,16925767	-0,39802262
Arena media	-0,02584209	0,00260235	-0,11543738	-0,23004453	-0,34727340	-0,07470319	0,46746351	-0,07848320	0,04123418	-0,50292463
Arena fina	-0,35975582	-0,43109591	-0,05491368	-0,47172397	-0,01463949	-0,42230052	0,23925564	-0,42030186	-0,27941855	-0,92451371
Arena muy fina	0,75819456	0,73886588	0,67929038	0,77437791	0,30175125	-0,25014593	-0,24181677	0,77184958	0,72078276	0,12649775
Limo	-0,28487096	-0,21607434	-0,45959945	-0,18151471	-0,16102286	0,70048946	-0,16765853	-0,22575366	-0,34709218	0,59996440
Arcilla	-0,25628761	-0,21122912	-0,35756930	-0,09259920	-0,12698386	0,54876201	-0,13024825	-0,20028678	-0,31654223	0,71394720
CaCO3	-0,22527865	-0,20203863	-0,25994709	-0,14947874	-0,86205586	0,19121566	0,96345669	-0,19400679	-0,25575094	-0,39164046
MO	0,32872677	0,35278002	0,18679510	0,27989671	0,32896748	0,31157345	-0,56924030	0,33934172	0,30883765	0,74560295
Corg total	-0,72762500	-0,64643912	-0,83834918	-0,50796440	-0,79095671	0,49385866	0,92332352	-0,65301429	-0,79797758	0,38624083
δ 13 C (‰)	-0,80256878	-0,78755243	-0,66697794	-0,75995969	-0,59956216	0,57959985	0,27005528	-0,76591128	-0,82393250	-0,23927289
N Total (%)	-0,73975180	-0,65535923	-0,85873092	-0,51748098	-0,80706784	0,51678813	0,91494795	-0,65579745	-0,82092585	0,40171086
δ 15 N (‰)	0,71556300	0,60195753	0,94120775	0,61033329	0,79315563	-0,54523003	-0,82117773	0,65476954	0,76631166	-0,25437886
C/N	-0,64887318	-0,59628868	-0,67909771	-0,45814969	-0,72121061	0,52319089	0,69053515	-0,61826397	0,66953836	0,26339357
Ca	-0,11461633	-0,09041782	-0,17335448	-0,04547439	-0,78862010	0,06862488	0,93688221	-0,07983620	-0,15165108	-0,38947450
Fe	0,00065888	0,04880625	-0,15937762	-0,16889147	0,25897484	0,20760422	-0,42803453	-0,04037811	0,05248712	0,32888770
Ti	-0,13288401	-0,08833287	-0,25577162	0,02092864	0,21893229	0,42747135	-0,49345692	-0,07824472	-0,19545111	0,72259624
Fe/Ca	-0,34648214	-0,32533562	-0,35132162	-0,38106683	0,11025211	0,56644469	-0,43194419	-0,36154931	-0,32002270	0,35780885
Ti/Ca	-0,61439158	-0,59542782	-0,56141656	-0,47084501	-0,28565358	0,81156592	-0,07156217	-0,57781729	-0,64461221	0,28716806

Anexo F. Tabla con las correlaciones de Pearson entre parámetros abióticos. AMG: arena muy gruesa; MO: materia orgánica.

	Grava (%)	AMG	Arena gruesa	Arena media	Arena fina	Arena muy fina	Limo (%)	Arcilla (%)	CaCO ₃ (%)
Gravas		0,9767940874	0,9669991063	0,8309441777	0,10334106	-0,1716805508	-0,2456588296	-0,2846973396	0,02873776356
AMG	0,9767940874		0,9969160824	0,9278198936	0,1544747651	-0,1492557769	-0,3329437736	-0,3490350668	0,235988535
Arena gruesa	0,9669991063	0,9969160824		0,943288151	0,1855346632	-0,1633845959	-0,3359339279	-0,3662453351	0,2802106064
Arena media	0,8309441777	0,9278198936	0,943288151		0,2892666633	-0,149360506	-0,4343043526	-0,4349550916	0,5748809083
Arena fina	0,10334106	0,1544747651	0,1855346632	0,2892666633		-0,06285985944	-0,7298406936	-0,7031082897	0,2651521238
Arena muy fina	-0,1716805508	-0,1492557769	-0,1633845959	-0,149360506	0,247423331		-0,4015641828	-0,5155439183	-0,0440090176
Limo	-0,2456588296	-0,3329437736	-0,3359339279	-0,4343043526	-0,7298406936	-0,4015641828		0,8500391287	-0,3243544799
Arcilla	-0,2846973396	-0,3490350668	-0,3662453351	-0,4349550916	-0,7031082897	-0,5155439183	0,8500391287		-0,2816798522
CaCO ₃	0,02873776356	0,235988535	0,2802106064	0,5748809083	0,2651521238	-0,0440090176	-0,3243544799	-0,2816798522	
MO	0,02436885393	-0,1091848341	-0,1296304036	-0,3606889953	-0,7745609806	-0,04331701609	0,699060344	0,6679312435	-0,5854156047
Corg total	-0,2246831819	-0,2472699929	-0,2527627187	-0,2572189792	-0,458370831	-0,7855280464	0,8000673459	0,8540713691	-0,1904718328
δ 13 C (‰)	-0,2833000171	-0,3402797703	-0,299339911	-0,3483353955	0,1689052214	-0,5611111817	0,5900475635	0,4722580249	0,420021906
N Total (%)	-0,2783716489	-0,3063048343	-0,3056368349	-0,3171234883	-0,4578346072	-0,7864780308	0,8368053927	0,8951797874	-0,2639944792
δ 15 N (‰)	-0,1161971088	-0,0846847546	-0,08699337627	-0,07165314668	0,4553642273	0,8171289341	-0,797508587	-0,7756408971	0,06918516106
C/N	-0,008944565277	-0,009638125617	-0,03780293442	-0,01510375083	-0,3941115404	-0,6566381978	0,5947516422	0,6623511971	0,07205226869
Ca	0,01114711738	0,2180439603	0,2629977974	0,556195786	0,2879860622	0,06754758326	-0,4068931509	-0,3759088391	0,9865763364
Fe	0,6467467765	0,5225514755	0,4900231301	0,2420192504	-0,48431197	-0,447645916	0,494914711	0,4742073289	-0,4570989819
Ti	-0,3864456642	-0,5196123775	-0,5516866617	-0,699182349	-0,693466578	-0,2374742138	0,8612507776	0,833033873	-0,6386217275
Fe/Ca	0,1624766566	0,03094330724	0,007024482652	-0,1879378732	-0,4541816806	-0,5498759879	0,749323736	0,7551518237	-0,5228425275
Ti/Ca	-0,3435064134	-0,3989979944	-0,4003368205	-0,4234941223	-0,3570361822	-0,5105865223	0,8009038021	0,795233001	-0,2101433482

	MO	Corg total(%)	δ 13 C (‰)	N Total (%)	δ 15 N (‰)	C/N	Ca	Fe	Ti	Fe/Ca	Ti/Ca
Gravas	0,02436885393	-0,2246831819	-0,2833000171	-0,2783716489	-0,1161971088	-0,008944565277	0,01114711738	0,6467467765	-0,3864456642	0,1624766566	-0,3435064134
AMG	-0,1091848341	-0,2472699929	-0,3402797703	-0,3063048343	-0,0846847546	-0,009638125617	0,2180439603	0,5225514755	-0,5196123775	0,03094330724	-0,3989979944
Arena gruesa	-0,1296304036	-0,2527627187	-0,299339911	-0,3056368349	-0,08699337627	-0,03780293442	0,2629977974	0,4900231301	-0,5516866617	0,007024482652	-0,4003368205
Arena media	-0,3606889953	-0,2572189792	-0,3483353955	-0,3171234883	-0,07165314668	-0,01510375083	0,556195786	0,2420192504	-0,699182349	-0,1879378732	-0,4234941223
Arena fina	-0,7745609806	-0,458370831	0,1689052214	-0,4578346072	0,4553642273	-0,3941115404	0,2879860622	-0,48431197	-0,693466578	-0,4541816806	-0,3570361822
Arena muy fina	-0,04331701609	-0,7855280464	-0,5611111817	-0,7864780308	0,8171289341	-0,6566381978	0,06754758326	-0,447645916	-0,2374742138	-0,5498759879	-0,5105865223
Limo	0,699060344	0,8000673459	0,5900475635	0,8368053927	-0,797508587	0,5947516422	-0,4068931509	0,494914711	0,8612507776	0,749323736	0,8009038021
Arcilla	0,6679312435	0,8540713691	0,4722580249	0,8951797874	-0,7756408971	0,6623511971	-0,3759088391	0,4742073289	0,833033873	0,7551518237	0,795233001
CaCO ₃	-0,5854156047	-0,1904718328	0,420021906	-0,2639944792	0,06918516106	0,07205226869	0,9865763364	-0,4570989819	-0,6386217275	-0,5228425275	-0,2101433482
MO		0,3073031974	0,4378425704	0,4091948098	-0,434362722	0,01059596883	-0,6136241703	0,6232949256	0,6692162991	0,6739334556	0,4203888539
Corg total	0,3073031974		0,420021906	0,9892184865	-0,9180324794	0,8641055387	-0,5735097934	0,4300329147	0,8194520323	0,6739564042	0,7004504969
δ 13 C (‰)	0,4378425704	0,420021906		0,5126075038	-0,4295104251	0,1460639747	-0,8415513661	0,06804635888	0,4318755553	0,644416252	0,7543258961
N Total (%)	0,4091948098	0,9892184865	0,5126075038		-0,9094928713	0,7932339851	-0,5986678313	0,392107923	0,845532754	0,6923012137	0,7416748226
δ 15 N (‰)	-0,434362722	-0,9180324794	-0,4295104251	-0,9094928713		-0,8139209402	0,5495214409	-0,7279662789	-0,705573101	-0,8064010957	-0,6577556429
C/N	0,01059596883	0,8641055387	0,1460639747	0,7932339851	-0,8139209402		-0,5414176706	0,532542927	0,6574878389	0,6768784517	0,6196154497
Ca	-0,6136241703	-0,5735097934	-0,8415513661	-0,5986678313	0,5495214409	-0,5414176706		-0,5302566248	-0,6928763233	-0,6445069482	-0,3410864245
Fe	0,6232949256	0,4300329147	0,06804635888	0,392107923	-0,7279662789	0,532542927	-0,5302566248		0,4329037846	0,7838573041	0,3011266921
Ti	0,6692162991	0,8194520323	0,4318755553	0,845532754	-0,705573101	0,6574878389	-0,6928763233	0,4329037846		0,7221021792	0,7301686747
Fe/Ca	0,6739334556	0,6739564042	0,644416252	0,6923012137	-0,8064010957	0,6768784517	-0,6445069482	0,7838573041	0,7221021792		0,8020521244
Ti/Ca	0,4203888539	0,7004504969	0,7543258961	0,7416748226	-0,6577556429	0,6196154497	-0,3410864245	0,3011266921	0,7301686747	0,8020521244	