



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



FACULTAD DE
CIENCIAS

UDELAR fcien.edu.uy



UNIVERSIDADE FEDERAL
DE SANTA CATARINA

**Procesos oceanográficos y sedimentológicos en la plataforma
continental al sur de la Isla de Santa Catarina, inferidos a partir de
la distribución de foraminíferos bentónicos recientes.**

Sara Gil Pérez

Tutora: **Leticia Burone Magariños**
Universidad de La República (UDELAR)

Co-tutora: **Carla Bonetti Van Der Haagen**
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Montevideo, Junio 2018

Tesina presentada como parte de los requisitos para la obtención del título de

Licenciado en Ciencias Biológicas

Juzgada el día .../...../..... por

.....

.....

Calificación

.....

.....

Calificación

.....

.....

Calificación

AGRADECIMIENTOS

La lección más importante que aprendí durante la realización de esta investigación es que la ciencia es una tarea colectiva. Por eso este logro es compartido y se lo dedico a todas las personas que me apoyaron durante este proceso.

En primer lugar, les agradezco a mis padres, quienes desde muy temprano me inculcaron el gusto por la lectura y el estudio. Sin su esfuerzo por mi educación, nada de esto hubiera sido posible. A mi madre, por soñar aquel ranchito perdido, donde me transmitió su amor al mar, por ser un ejemplo de lucha y autosuperación. A mi padre, por resaltar el valor de la curiosidad, fomentando el cuestionamiento y la problematización de las ideas. Gracias por entender el valor que tenía para mi realizar un intercambio.

A Bettina, que además de colaborar durante mi crianza, también fue mi primera profesora de Biología experimental. Gracias por describirme la naturaleza en la orilla del mar, por enseñarme a distinguir la maravilla de lo mundano.

A Franco, por su incondicional compañerismo, por rescatar el optimismo, “*defendiendo la alegría como una trinchera*”, por inspirarme y empoderarme, por ser mi puerto seguro en los momentos de duda. Gracias por alumbrar el camino y ser mi reflejo en esta larga jornada. Agradeço também a sua família, Liza e Zé, por ser tantas vezes a minha também, num país tão grande e desconhecido por mim.

A mis orientadoras Carla y Leticia, por disponerse a trabajar en equipo a la distancia, con todo el esfuerzo extra que eso supone. Minha co-orientadora Carla, que por mais difícil que foi o processo para conseguir realizar a pesquisa no Brasil, nunca desistiu de mim e se interessou desde o início em desenvolver uma parceria entre ambos países. Obrigada pela paciência, pelo carinho e todo o suporte durante essa longa (e sinuosa) caminhada. Y mi tutora Leticia Burone, por confiar en nuestro criterio desde el inicio, viabilizando así la realización de este trabajo y por colaborar con sugerencias que fomentaron la maduración de la investigación.

Agradeço às “Foraminíferas”, minhas *companheiras* de laboratório (Pati, Ana, Natasha e Lua), cuja parceria sempre fez que aquelas muitas horas de lupa, triando e identificando, foram divertidas e leves. A Faynna e Danae, por ter paciência com essa bióloga “gringa” e sempre se prontificar para me ajudar a desbravar a sedimentologia e o geoprocessamento. Obrigada pelo apoio e pelas risadas, pequenas-grandes oceanógrafas do L.O.C!

Ao Jarbas, por me aceitar como parte do *team* L.O.C e contribuir com a compreensão geomorfológica da área de estudo.

A esos grandes amigos que la facultad me dio, en especial a mis entrañables amigas “Las Barajas”. Sólo nosotras sabemos cuánto el efecto de nuestra complicidad fue decisivo para sobrevivir Ciencias con alegría. Gracias por las infinitas madrugadas de estudio, por las preguntas capciosas antes de los exámenes, por aguantarme “hilando fino” y queriendo estudiar “todo lo que no va”, por las meriendas de resaltadores, apuntes y resúmenes encuadernados. Me llevo los mejores recuerdos de esta etapa en la facultad gracias a ustedes.

A Kevin, ¡porque no cualquiera tiene un amigo siempre listo para discutir una falacia! (y pensar que todo esto empezó *hablando-sin-saber* sobre los solenoides). Gracias también por ser mi 0800-química y por ser mi mejor ejemplo de amor por la ciencia.

Por último e não menos importante, as minhas geo-queridas Alina e Ana, com quem morei durante boa parte desse processo, por gostar de mim ainda estressada e cansada com TCC e o trabalho, e sempre estar prontas para compartilhar um chá e trocar aquela ideia noturna sobre a vida, que muitas vezes acabou sendo sobre sedimentos, paleo-costas e plataforma continental.

*“The happiness of the bee and the dolphin is to exist.
For man it is to know that and to wonder at it.
(...) The sea, once it casts its spell,
holds one in its net of wonder forever”*

Jacques Yves Cousteau (1910-1997).

Figuras y tablas	VI
Lista de abreviaciones	VIII
Resumen	IX
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	2
2.1- Aspectos conceptuales relacionados al uso de foraminíferos bentónicos recientes como bioindicadores	2
2.2- Precedentes en el Atlántico Sur y en la plataforma continental	14
2.3- Generalidades sobre la provincia costera brasileña y la plataforma continental sudeste (PCSE)	15
2.4- Aspectos oceanográficos y sedimentológicos de la PCSE	8
3. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	14
3.1- Localización	14
3.2- Clima e hidrodinámica	15
3.3- Caracterización sedimentaria de la Plataforma Continental Sureste	17
3.4- Zonas biológicas en el área de estudio (clasificación <i>EUNIS</i>)	18
4. MATERIALES Y MÉTODOS	20
4.1- Muestreo	20
4.2- Análisis de las muestras	20
4.2.1- Análisis granulométricos y geo-procesamiento de los datos	20
4.2.2- Preparación de las muestras en el laboratorio	21
4.2.3- Procesamiento de las submuestras	23
4.4- Relaciones estadísticas entre las comunidades de foraminíferos bentónicos y las características sedimentológicas del fondo marino	28
5. RESULTADOS	29
5.1- Resultados abióticos	29
5.2- Resultados biológicos	35
5.3- Integración estadística de los datos biosedimentológicos	49
6. DISCUSIÓN	51
7. CONCLUSIONES	61
8. BIBLIOGRAFÍA	62
9. ANEXO	74
10. GLOSARIO	88

FIGURAS Y TABLAS

Figura 1. Modelo TROX (Jorissen et al., 1995). Extraído de Bentancour & Martinez, 2003. Se aprecia la interacción entre el flujo de materia orgánica y la disponibilidad de oxígeno, como reguladores principales de la distribución vertical de los foraminíferos bentónicos en los sedimentos marinos	13
Figura 2. A- Circulación general del Atlántico Sur (Petterson & Stramma, 1991, <i>apud</i> Silveira, 2000); B- Estructura oceanográfica en la región sureste-sur brasileña en la época de verano (modificado de Matsuura, 1986)	17
Figura 3. Representación esquemática de las masas de agua encontradas en la PCSE durante el febrero (mes en el que se realizaron las colectas). Mapa modificado de Pereira et al. (2009)	19
Figura 4. Representación esquemática de los sectores interno (PCI), medio (PCM) y externo (PCM) de la PCSE de acuerdo con Castro (1996). Durante el verano, época en la que fueron colectadas las muestras, la PCI se extiende hasta los 10-30 km y está limitada por el FTP, que separa aguas cálidas de origen costero (AC) de aguas oceánicas relativamente frías (ACAS). Diagrama modificado de Castro et al., 2006 ^a	20
Figura 5. Mapa de la plataforma continental de Rio Grande do Sul, mostrando los contornos de antiguas líneas de costa, formadas durante las fases de estabilización del mar, entre 17,500 – 6,500 años BP. Extraído de Corrêa, 1996 <i>apud</i> Sugio, 2003	22
Figura 7. Mapa del área de estudio modificado de Fayna Arendartchuk (tesis de maestría en desarrollo). En verde se destacan los puntos de colecta de testigos cortos de sedimento; en rojo y verde se señalizan las doce estaciones de colecta de sedimento superficial	23
Figura 8. Zonas biológicas según la clasificación EUNIS (Vasquez et al., 2013 <i>apud</i> Mussi, 2017)	27
Figura 9. Pre-procesamiento de las muestras (I). 1- Retiro del freezer de las doce muestras de sedimento superficial; 2- Acondicionamiento de las muestras en el Laboratorio de Análisis de Sedimentos Marinos dentro del LOC; 2.A – Teñido con Rosa de Bengala; 2.B- Tamizado en húmedo; 2.C- Fracción de sedimento > 63 µm dispuesto en un filtro de papel antes de ser secado en la estufa	29
Figura 10. Pre-procesamiento de las muestras (II). 3.A- Acondicionamiento de la bandeja con el material dentro de la campana de extracción; 3.B- Detalle del material utilizado para esta etapa (fracción arenosa seca > 63 µm, Tricloroetileno, erlenmeyer con embudos y filtros de papel, vasos de bohemia, bastón de vidrio, pala y pinceles); 3.C- El material se retira del filtro y se espolvorea en el vaso de bohemia; 3.D- Homogenización; 3.E- Filtrado	30
Figura 11. Características principales de los foraminíferos aglutinantes, porcelánicos y hialinos, basadas en Armstrong & Brasier, 2005	32
Figura 12. Evidencia de procesos tafonómicos en especímenes de <i>Bulimina</i> sp. y <i>Criboelphidium</i> sp. A- Grados de Piritización; B- Señales de desgaste. Se observan caparazones con pérdida de aspecto translúcido, remoción de las capas superficiales y con grados variables de porosidad. Imágenes extraídas de las muestras INCT	35
Figura 13. Alteraciones en la estructura de los caparazones. De izquierda a derecha se observan especímenes de <i>Pseudonion</i> sp. (A) y <i>Spiroloculina</i> sp. (B) sin evidencias de deterioro (100% de preservación), con 30% de las cámaras fragmentadas y con más del 30% de la estructura comprometida. Sólo estas últimas dos categorías fueron interpretadas como indicadores de hidrodinámica intensa	36
Figura 12. Sedimentos observados en cada estación de colecta. Obs.: La escala de 3,1 cm representa 7,45 cm, correspondiente al radio de la placa de Petri utilizada	37
Figura 15. Zonas biológicas definidas según el criterio de clasificación EUNIS para el área. Se observa que la misma abarca la transición entre la zona circalitoral somera y el circalitoral profundo. Mapa adaptado de Mussi (2017)	40
Figura 16. Perfil batimétrico del área de estudio por transecta (T1, T2, T3, T4)	40
Figura 17. Geoformas identificadas en la región de estudio. Los doce círculos se corresponden con las estaciones de colecta; en ellos se distingue la proporción de materia orgánica y carbonato biodetrítico. Se observan planicies, depresiones y bancos. Mapa adaptado de Fayna Arendartchuk (tesis de maestría en desarrollo)	41
Figura 18. Variación en la composición de la pared de los foraminíferos bentónicos en todas las estaciones	42
Figura 19. Distribución espacial de la abundancia relativa del grupo BB	43
Figura 20. Distribución espacial de la abundancia relativa del grupo AEN	44

Figura 21. Distribución espacial de la abundancia relativa del grupo UT	45
Figura 22. Distribución espacial de la abundancia relativa del grupo de foraminíferos porcelanáceos	46
Figura 23. Distribución espacial de la abundancia relativa de la especie <i>Textularia cf. foliacea</i>	47
Figura 24. Variación de la riqueza (número de especies) por estación	48
Figura 25. Comparación entre la riqueza de la asociación total y la asociación de foraminíferos vivos	48
Figura 26. Variación de abundancia relativa de foraminíferos vivos observados en cada estación	49
Figura 27. Porcentaje de ocurrencia de foraminíferos bentónicos y planctónicos en cada estación	50
Figura 28. Variación en el porcentaje de ocurrencia de foraminíferos bentónicos por punto de colecta (P1, P2 y P3)	51
Figura 29. Preferencias en relación a los microhábitats de los grupos más relevantes de foraminíferos bentónicos vivos encontrados en el testigo corto de sedimento de la transecta T2. Obs.: la abreviación "IN" se refiere a infauna y "EP" a Epifauna	52
Figura 30. Variación del porcentaje de infauna somera e intermedia en cada estación	53
Figura 31. Variación del porcentaje de infauna profunda en cada estación	53
Figura 32. Alteraciones en el estado de preservación del caparazón en el total de la muestra	54
Figura 33. Porcentaje de alteraciones en el estado de preservación de los caparazones por estación	55
Figura 34. Variación del porcentaje de alteraciones tafonómicas en función de la profundidad (m)	55
Figura 35. Variación del porcentaje de caparazones de foraminíferos bentónicos quebrados ($\geq 30\%$) en función de la profundidad (m)	56
Figura 36. Análisis de escalamiento multidimensional (MDS) utilizando Distancia Euclídiana como índice de asociación para la matriz Modo Q	58
Figura 37. Diagrama de flujo resumiendo la metodología aplicada	80
Figura 40. Plancha taxonómica (I) del Orden Rotaliida. La mayoría de los organismos de la plancha I fueron agrupados en la asociación BB	85
Figura 41. Plancha taxonómica (II) del orden Rotaliida. Se destacan especies agrupadas en la asociación AEN	87
Figura 42. Plancha taxonómica (III) del Orden Lagenida	88
Figura 43. Plancha taxonómica (IV) del Orden Miliolida	91
Figura 44. Foraminíferos aglutinantes de los órdenes Textulariia, Lituolida y Astrorhizda	93

LISTA DE ABREVIACIONES

AC: Agua Costera

ACAS: Agua Central del Atlántico Sur

AEN: Ammoniidae-Elphidiidae-Nonionidae

AP: Agua de Plataforma / APS: Agua de Plataforma

ASAS: Agua Subtropical del Atlántico Sur

ASTP: Agua Subtropical de Plataforma

AT: Agua Tropical

BB: Boliviniidios-Buliminidios

BP: *Before present* (antes del presente)

CB: Corriente de Brasil

CM: Corriente de las Malvinas

FSTP: Frente Subtropical de Plataforma

FTP: Frente Térmico Profundo

Ma: Millones de años

NRM: Nivel Relativo del Mar

PCE: Plataforma continental externa

PCM: Plataforma continental media

PCI: Plataforma continental interna

PCS: Plataforma continental sur

PCSE: Plataforma continental sureste

UT: Uvigerina-Trifarina

RESUMEN

El presente estudio tiene por objetivo el análisis de descriptores ecológicos de las asociaciones y especies más abundantes de foraminíferos bentónicos presentes en la superficie de la plataforma continental de la Isla de Santa Catarina (Brasil), afín de correlacionarlos con los procesos oceanográficos y sedimentológicos dominantes en la región. Asimismo, se infieren aspectos vinculados a la productividad bentónica del margen continental, discutiendo las variaciones hidrográficas estacionales y la influencia del aporte continental al área de estudio.

Se analizaron 4262 caparazones foraminíferos bentónicos > 0,063 mm, referentes a doce estaciones de colecta de sedimentos superficiales localizadas entre 35 – 59 m. Se identificaron 91 especies, con predominancia de foraminíferos hialinos (94, 7%), entre los cuales se destacaron *Bolivina sp. 1* (9,4%), *B. elegantissima* (9,3%), *B. marginata* (8,0%), *G. crassa* (7,1%), *U. peregrina* (6,8%), *G. subglobosa* (6,7%), *A. tepida* (6,3%) y *C. poeyanum* (6,2%).

En los puntos más rasos del área de estudio, caracterizados por mayor tamaño de grano, alta concentración de carbonato y presencia de fragmentos de bivalvos costeros, también se concentraron los caparazones aglutinantes (2,9%), fundamentalmente representados por la especie *T. cf. foliacea* y porcelanáceos (2,4%), adaptados a una hidrodinámica intensa. En este sentido, la distribución de los caparazones quebrados afectó en mayor medida (hasta un 3,6%) a las estaciones < 40 m, coincidiendo con zona circalitoral somera, donde las olas tienen la capacidad de transferirle energía al sustrato y removilizar sedimento. En contraste, la interpolación del porcentaje de caparazones con señales de procesos tafonómicos mostró una clara dependencia con el gradiente batimétrico, siendo máxima (3%) en la isobata de 50 m.

Por su parte, el análisis de los hábitos de vida mostró predominancia de individuos infaunales rasos e intermedios, sugiriendo una condición mesotrófica, la cual puede explicarse por el afloramiento del ACAS en la plataforma interna durante el verano. Asimismo, el análisis en cada estación evidenció cuestiones referentes a la oxigenación de los sedimentos, de forma que, en las más someras, con sedimentos con menos grado de selección (arena gruesa-limo muy grueso, con carbonato) predominaron organismos infaunales profundos, mientras que aquellas con sedimentos más finos (limo muy grueso), se observó fundamentalmente infauna somera e intermedia.

A partir del análisis MDS, se aisló el vector correspondiente a estaciones entre 35 – 40 m, evidenciando propiedades biosedimentológicas únicas.

Se concluye que la distribución de las asociaciones de foraminíferos bentónicos respondió al gradiente batimétrico, a la hidrodinámica, a la variación en el tamaño medio de grano y a la concentración de carbonato biodetrítico. Debido a las características sedimentológicas del área de estudio, se infiere una posible mezcla de sedimentos actuales y relictos, los cuales podrían estar señalando una paleolínea de costa, localizada entre 35 – 47 m, concordando con lo demostrado por otros trabajos regionales.

Palabras clave: *foraminíferos bentónicos recientes, bioindicadores, distribución espacial, plataforma continental, geomorfología, biosedimentología, hidrodinámica, resurgencia.*

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se desarrolló en el marco de un convenio de cooperación MERCOSUR entre la Universidad de la República (UDELAR, Facultad de Ciencias, Montevideo, Uruguay) y la *Universidade Federal de Santa Catarina* (UFSC), *Laboratório de Oceanografia Costeira*, Florianópolis, Brasil). El mismo forma parte de las investigaciones llevadas a cabo por el Proyecto INCT-Mar COI (*Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia, Oceanografia Integrada e Usos Múltiplos da Plataforma Continental e Oceano Adjacente, Centro de Oceanografia Integrada*), el cual brindó recursos tecnológicos y económicos para el estudio integrado e interdisciplinario de las Ciencias Marinas, y supone el esfuerzo en conjunto de diversas universidades e instituciones de Brasil (entre ellas, UFRGS; FURG; UFSC; UNIVALI; UFPR; USP). A su vez, esta investigación en concreto, se realiza en colaboración con el grupo de trabajo uruguayo de Ciencia y Tecnología Marina (CINCYTEMA), liderado por la Dra. Leticia Burone (UdelaR).

Entre las metas del Proyecto INCT-Mar COI, se destacan aquellas propuestas por la subred Geodiversidad y Biodiversidad de los Fondos Marinos, área a la cual este trabajo pretende darle soporte. Los objetivos para Santa Catarina se resumen a continuación: 1) Sintetizar los principales tipos de hábitats existentes en la plataforma continental del Sureste brasileño (a través del empleo de datos georreferenciados de la distribución regional de geodiversidad); 2) Conocer la estructura ecosistémica de la región con especial énfasis en descriptores ambientales (variación de profundidad, composición de sedimento, *input* de energía transferida a las comunidades ecológicas de la capa bentónica, etc.).

Objetivos

El presente trabajo propone analizar la distribución de las poblaciones de foraminíferos encontrados en los sedimentos superficiales y en los testigos cortos de sedimento, colectados al sur de la Isla de Santa Catarina, buscando relacionar sus descriptores ecológicos con las características sedimentológicas y los procesos oceanográficos actuales y pretéritos presentes en el área.

Objetivos específicos

1. Reconocer e identificar los géneros y especies de foraminíferos bentónicos más abundantes (poblaciones vivas y muertas), contribuyendo con el conocimiento taxonómico regional.

2. Establecer correlaciones entre los principales *taxa* y los parámetros geomorfológicos y sedimentológicos del área de estudio, buscando contribuir a una comprensión más profunda sobre los procesos de sedimentación del área y los factores que los regulan.

3. Inferir el estado trófico de la plataforma continental de la Isla de Santa Catarina, a partir del análisis de las poblaciones vivas, presentes en los testigos cortos de sedimento, reconociendo los distintos tipos de *microhábitats* descritos para foraminíferos bentónicos.

4. Investigar cuáles asociaciones o especies podrían ser bioindicadoras de procesos oceanográficos locales, discutiendo el efecto de la hidrodinámica sobre el fondo marino y la influencia del aporte continental en el área.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 -Aspectos conceptuales relacionados al uso de foraminíferos bentónicos recientes como bioindicadores

Ciertos organismos bentónicos son sensibles a las variaciones ambientales, por lo que su estudio posibilita el reconocimiento de los parámetros físico-químicos dominantes en el hábitat que éstos ocupan. Un buen indicador biológico suele ser considerado como tal, cuando es abundante, fácil de muestrear, sésil (para reflejar las condiciones de un local determinado), con un ciclo de vida corto (que permita integrar la variabilidad ambiental a corto plazo), y con una respuesta sensible y específica (para evaluar el impacto de dicha variabilidad) (Desrosiers *et al.*, 2013).

Los foraminíferos, son organismos eucariotas unicelulares que cumplen los requisitos antes mencionados y son ampliamente usados como bioindicadores en ambientes costeros y marginales. Su presencia en los sedimentos que recubren el fondo oceánico ya fue advertida y señalada como relevante desde el siglo XVII. Actualmente se les atribuye la mayor diversidad biológica observada en los océanos modernos, representado el 50% de la biomasa eucariótica de los mismos (Gooday, 1994; Morigi *et al.*, 2001; Cifelli, 1990 *apud* Sen Gupta, 2003). Presentan un amplio rango de distribución, pudiendo ser encontrados tanto en regiones polares como tropicales, ocupando desde ambientes costeros y transicionales, hasta sistemas de aguas profundas, como las planicies abisales (Sen Gupta, 2003; Armstrong & Brasier, 2005).

El origen del filo Granuloreticulosa se remonta al período Cámbrico, con la aparición de las formas bentónicas, hace aproximadamente 525 Ma BP. Unos 355 Ma después, ya en el Jurásico medio, el registro fósil también revela la presencia de foraminíferos con hábitos de vida planctónicos. Además de tener un registro geológico preponderante, la biodiversidad de los foraminíferos bentónicos se destaca en el total de las 60.000 especies resultantes de la radiación adaptativa del filo durante el Fanerozoico, de las cuales se estima que sólo 10.000 sobreviven en la actualidad y tan sólo 40-50 se corresponden con organismos planctónicos (Loeblich & Tappan, 1987; Vickerman, 1992 *apud* Debenay, 2012; Schiebel & Hemleben, 2017).

El fenotipo de los organismos es el resultado de la interacción entre la información contenida en su genoma y las presiones ecológicas del medio físico a las cuales estuvieron sometidos durante su crecimiento. De esta manera, si se conoce el efecto del ambiente sobre el fenotipo, la morfología de ciertos organismos puede ser utilizada para reconstruir las condiciones ambientales a las que estuvo expuesto durante su vida (Hillaire-Marcel & De Vernal, 2007). En este sentido, una de las características sobresalientes de los foraminíferos es la presencia de un caparazón (*test*), el cual tiene una capacidad notable para registrar el estado del medio en el que viven. La composición química e isotópica del caparazón, refleja tanto las propiedades del ambiente, como las del metabolismo implicado durante su calcificación. De esta manera, caparazones robustos, limonitizados, con rastros de abrasión por desgaste mecánico, revelan la presencia de una hidrodinámica local intensa; mientras que señales como corrosión, fragilidad, sustitución del carbonato (CO_3) por sulfuro de hierro II (FeS) o sulfato de hierro (II) (FeSO_4), pueden ser interpretadas como indicadores de un sistema bentónico reductor y/o saturado en carbonato (Scott *et al.*, 2011). Además, el análisis del caparazón resulta elemental por auxiliar la clasificación del grupo, dado que el reconocimiento de los diferentes niveles taxonómicos (orden, familia, género, especie) es fundamental para discutir las asociaciones ecológicas de los foraminíferos. Por ejemplo, las variaciones de algunas especies a lo largo de intervalos batimétricos, la ocurrencia o ausencia de especies indicadoras de agua fría o caliente, permiten identificar períodos de aislamiento marino o de penetración de agua dulce en lagos costeros, así como también inferir alteraciones en el patrón de circulación oceánica (Duleba *et al.*, 2003). La diversidad de caparazones también representa la impronta de la historia evolutiva del filo, de forma que en los foraminíferos bentónicos es posible distinguir tres tipos de paredes: orgánicas, aglutinantes y minerales. Las orgánicas, que se corresponden con las formas más primitivas, presentan una estructura formada por proteínas o por un material pseudoquitinoso, conocido como tectina. Posteriormente surgen los aglutinantes, los cuales

construyen sus caparazones mediante la aglomeración de partículas circundantes que recogen con sus pseudópodos, seleccionadas por tamaño, composición y/o textura, que luego son selladas con un cemento orgánico, calcáreo o férrico, dependiendo del taxón. En las formas más modernas, predomina un caparazón constituido por sustancias minerales que ellos mismos secretan, como carbonato de calcio (calcita o aragonita) y sílice, lo cual permite una óptima representación en el registro fósil (Armstrong & Brasier, 2005). En este sentido, el alto potencial de fosilización de la mayoría de los órdenes, en combinación con su abundancia, diversidad y simplicidad de colecta, los convierte en importantes indicadores bioestratigráficos, siendo frecuentemente utilizados como análogos del pasado, piezas clave en las reconstrucciones paleo-oceanográficas y paleo-climáticas (Sen Gupta, 2003; Armstrong & Brasier, 2005). No obstante, la interpretación del registro fósil, -y consecuentemente, el carácter predictivo de la paleontología-, dependen de la comprensión de los procesos ecológicos que operan en el presente sobre las comunidades de foraminíferos recientes, como es el caso del presente trabajo. Su amplia gama de estrategias adaptativas y procesos ecológicos, susceptibles, en principio, a los cambios en los regímenes de presiones ambientales en los océanos modernos, convierte los foraminíferos recientes en atractivos *proxies* de hidrodinámica, fisiografía y sedimentación actual (Sen Gupta, 2003; Burone & Pires-Vanin, 2006).

Patrones de distribución

Uno de los objetivos de los trabajos en el campo de la biosedimentología, es establecer una relación entre las características de la biota (estructura de la comunidad, abundancia, diversidad de especies, etc.) y los atributos del medio ambiente. Dichos estudios pueden ser temporales o, como en el caso de este trabajo, espaciales, abarcando un área geográfica específica durante un intervalo de tiempo acotado (Murray, 2000).

La meiofauna bentónica está regulada por la interrelación de una serie de parámetros abióticos regionales (oceanográficos y sedimentológicos) y tróficos, que se combinan con procesos biológicos (competencia intra e inter-específica, depredación, bioturbación), químicos (disolución) y físicos (transporte, abrasión), propios del local en el que viven. Según la Teoría del Nicho, los patrones de distribución de los foraminíferos bentónicos estarían controlados por aquellos factores ambientales que alcanzaron un umbral crítico (Murray, 2001). En este sentido, la importancia ecológica relativa de cada factor ha sido objeto de debate desde el comienzo de la exploración petrolera, la cual demandó una comprensión más profunda del fondo marino, promoviendo la utilización de

foraminíferos bentónicos como indicadores indirectos de los parámetros que lo regulan (Van der Zwaan *et al.*, 1999; Murray 2001; Jones, 2013). Los autores han subrayado una serie de variables que influyen en el patrón de distribución de los foraminíferos bentónicos, como la concentración de oxígeno, flujo de carbono, suplemento estacional de alimento, estabilidad del ecosistema (*stress*), variaciones de profundidad, advección lateral y corrosividad de las masas de agua, temperatura, salinidad y granulometría del sedimento (Boltovskoy *et al.*, 1980; Gooday, 1986, Corliss & Emerson, 1990, Rosoff & Corliss, 1992; Rathburn & Corliss, 1994 *apud* Jorissen *et al.*, 1995; Schimeld *et al.*, 1997; Corliss & Chen, 1998; Fontanier *et al.*, 2002). No obstante, la mayoría de los estudios coinciden en que los primeros tres factores mencionados son los principales reguladores bentónicos (Gooday, 1986, Corliss & Emerson, 1990 *apud* Jorissen *et al.*, 1995; Van der Zwaan *et al.*, 1999).

Uno de los trabajos más reconocidos que aborda esta temática desde el punto de vista trófico, es del modelo conceptual TROX (TRophic OXYgen) propuesto por Jorissen *et al.* (1995) para el océano profundo, en el cual, a partir del estudio de la distribución de los taxones vivos en la superficie y en la columna sedimentaria, se definen tres tipos de *microhábitats*, en función de la concentración de oxígeno disponible y del aporte de materia orgánica en los sedimentos marinos (**Figura 1**).

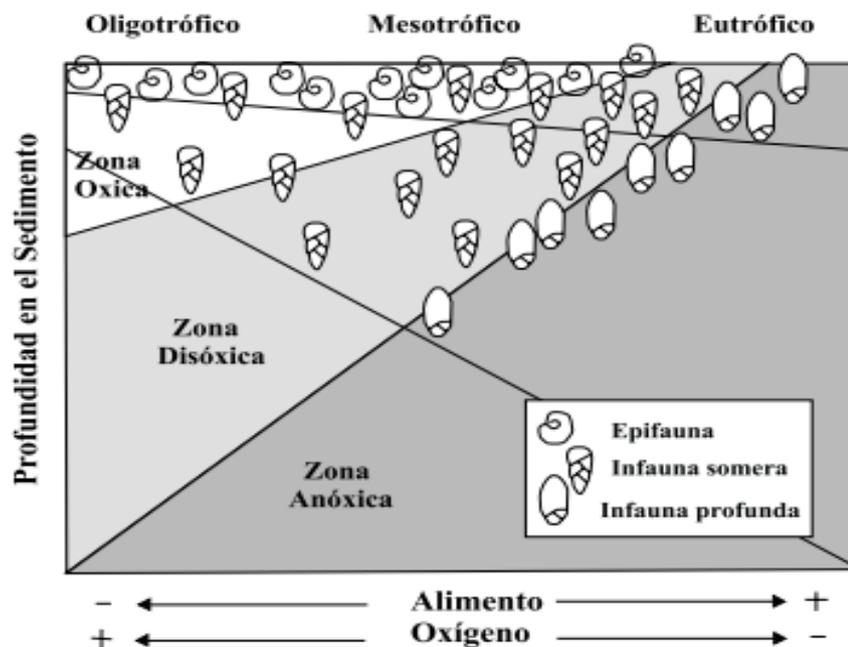


Figura 1. Modelo TROX (Jorissen *et al.*, 1995). Extraído de Bentancour & Martínez, 2003. Se aprecia la interacción entre el flujo de materia orgánica y la disponibilidad de oxígeno, como reguladores principales de la distribución vertical de los foraminíferos bentónicos en los sedimentos marinos.

Según este modelo, en ambientes oligotróficos, frecuentemente vinculados a áreas profundas del océano, el flujo de materia orgánica es bajo y, por tanto, el oxígeno no es

usado en su totalidad para reducir al carbono. La meiofauna bentónica, regulada en este caso por la disponibilidad de alimento, presentará un amplio predominio de taxa epifaunales, dadas sus mayores oportunidades para capturar el moderado alimento que queda atrapado en la interface agua-sedimento. En contraparte, en ambientes eutróficos, normalmente localizados a menor profundidad, el alto aporte de materia orgánica que llega al fondo es degradado rápidamente por bacterias aeróbicas, conduciendo al agotamiento del factor limitante, que en este caso es el oxígeno intersticial. Por tanto, a lo largo de la columna de sedimento, se registrará un aumento considerable de las formas infaunales profundas en la asociación. Condiciones intermedias de flujo orgánico y concentración de oxígeno configuran un ambiente mesotrófico, en el cual se observa la penetración de individuos infaunales someros que habitan los primeros centímetros de la columna de sedimento), conjuntamente con algunas formas epifaunales (Jorissen *et al.*, 1995; Van der Zwaan *et al.*, 1999).

Sin embargo, cabe resaltar que, para áreas menos profundas del océano, como las que son de interés para esta investigación en particular, el efecto de las corrientes de fondo, la salinidad y el tipo de sustrato, pueden resultar más importantes en el control del sistema bentónico (Loubere & Fariduddin 1999 *apud* Burone *et al.*, 2011).

Como se ha visto, el estudio del patrón de distribución y composición de las asociaciones de foraminíferos recientes, integrado a los datos morfológicos, derivados del análisis de la integridad de sus caparazones, ofrece un buen marco teórico para discutir la dinámica sedimentaria marina (Lançone *et al.*, 2005).

2.2- Precedentes en el Atlántico Sur y en la plataforma continental

Diversos trabajos ya han utilizado a los foraminíferos bentónicos como *proxies* ambientales en el margen continental del Atlántico Sur, evaluando los parámetros ecológicos de sus poblaciones (abundancia relativa, densidad, frecuencia de ocurrencia, riqueza, diversidad, dominancia, etc.) en relación a los patrones de sedimentación y los procesos oceanográficos asociados a ellas (Boltovskoy, 1976; Harolff & Mackensen, 1997; Disaró *et al.*, 2003; Mahiques *et al.*, 2004; Schmiel *et al.*, 2004; Lancone *et al.*, 2005; Oliveira-Silva *et al.*, 2005; Burone & Pires-Vanin, 2006; Eichler *et al.*, 2008; Burone *et al.*, 2011; Eichler *et al.*, 2012; Eichler *et al.*, 2014 a,b; Disaró, 2014; Paquette, 2014; Paquette *et al.*, 2016). Con base en la variación ecológica y batimétrica observada en las asociaciones de foraminíferos bentónicos superficiales, Disaró *et al.* (2003) y Disaró (2014) caracterizaron la plataforma continental sureste de Brasil (PCSE), discutiendo aspectos

relativos a su hidrodinámica, sedimentología y estado trófico, así como también se reconocieron grupos indicadores de la porción interna, media y externa de la plataforma y áreas de resurgencia. También en el contexto de la PCSE (27°-30°S), Eichler *et al.* (2008) investigó las asociaciones de foraminíferos bentónicos en función de las propiedades y nutrientes de las masas de agua, y encontró relaciones estacionales entre el Agua de Plataforma Subtropical (APS) y el Agua Central del Atlántico Sur (ACAS). La misma autora también ha discutido la hidrología moderna a partir del análisis de especímenes vivos de *B.marginata*, utilizándolos como bioindicadores de la variación estacional existente en las propiedades y dinámica de las masas de agua en la PCSE y en la plataforma continental sur (PCS) (27°- 37°S) (Eichler *et al.*, 2014a). En esta línea, cabe destacar que las asociaciones de foraminíferos vivos también han sido útiles para inferir el estado trófico de la plataforma y la productividad oceánica asociada a la misma, determinando especies bioindicadoras de estos cambios (Burone *et al.*, 2011; Yamashita, 2011, De Mello *et al.*, 2014; Paquette *et al.*, 2016).

2.3- Generalidades sobre la provincia costera brasileña y la plataforma continental sudeste (PCSE)

El litoral brasileño comprende 8.511 km, abarcando un área aproximada de 442.000 km² (Horn Filho *et al.*, 2014). Su extremo norte se localiza en la latitud 4°N (Cabo Orange, en el Estado de Amapá), el cual limita con la Guayana Francesa; y se extiende hacia el sur hasta la latitud 34°S (Chui, en el Estado de Rio Grande do Sul), donde se encuentra la frontera terrestre con el Departamento de Rocha, al este de la República Oriental del Uruguay.

Los terrenos adyacentes a los continentes, océanos y mares que presentan baja altitud (>50 - 60 m) y bajas profundidades (>150 - 200 m) son clasificados como *provincias costeras* (Horn, 2003) y en este sentido, conforme lo señalado por Castro *et al.* (2006b), mediante la utilización de criterios exclusivamente morfolitológicos, el litoral brasileño puede dividirse en cinco provincias: cuaternaria en el norte (4°N - 3°S), terciaria en el este (3° - 20°S), granítica en el sudeste (20-29°S) y cuaternaria nuevamente en el sector final, hacia el sur de Brasil (29° - 34°S). El estado de Santa Catarina (25°57'41" y 29°23'55" S) representa la transición entre la provincia sudeste y sur, y es generalmente considerado parte del litoral sur de Brasil. Su litoral comprende 66.212 km² del área, de los cuales 4.212km² (7,4%) se corresponden con la planicie costera y 62.000 km² (93,6%) con la plataforma continental sudeste (Horn Filho, 2003), dividida de tal forma por Castro & Miranda (1998), quienes evaluaron las propiedades físicas y biogeoquímicas características

de la gran extensión de la plataforma brasileña. Situada en el borde occidental del Océano Atlántico Meridional entre las coordenadas 22°00'S, 41°00'W y 28°00'S, 48°49'W, la PCSE se extiende desde Cabo Frio, en el Estado de Río de Janeiro, hasta el Cabo de Santa Marta, en el Estado de Santa Catarina. Por el oeste, limita con la línea de costa y por el este, con el talud. La PCSE abarca las cuencas sedimentológicas marginales de Santos y Pelotas; sobre ella predominan los sedimentos terrígenos, derivados del intemperismo de los continentes y presenta propiedades dinámicas típicas de las plataformas continentales de latitudes medias (Stech & Lorenzetti, 1992; Horn Filho, 2003; Castro et al., 2006a; Horn Filho *et al.*, 2014). Hacia el sur del país, la plataforma presenta un relieve suave, sin formas topográficas erosivas de gran amplitud regional. Para profundidades mayores a 30 m, se la considera prácticamente monótona, con isobatas extendiéndose en su mayoría paralelas o subparalelas a la línea de costa, recortada por valles de pequeña amplitud. En zonas próximas a la costa (profundidades por debajo de los 20 m), se observan isolíneas sinusoidales, que reflejan el relieve montañoso continental (*Serra do Mar*) (Abreu, 2010).

La extensión de la plataforma continental brasileña varía en ancho y profundidad a lo largo de todo el litoral (330 km x 40 m, en la región amazónica, hasta 10 km x 180 m, en el sector que se prolonga hasta 14°S, de acuerdo con Guerra, 1962 *apud* Castro *et al.*, 2006b). En lo que respecta a la PCSE, su ancho oscila entre 230 - 50 km, siendo 130 km el valor medio para Santa Catarina (Castro *et al.*, 2006a), con una profundidad de quiebre entre 120 - 180 m, para las cuales se corresponde un cambio en la declividad entre 0,5° y 1° (Carvalho *et al.*, 1998). Se estima que abarca un área cercana a los 150.000 km², con un volumen aproximado de 10.000 km³ (Castro *et al.*, *op cit*).

2.4- Aspectos oceanográficos y sedimentológicos de la PCSE

Los procesos sedimentológicos actuales en la plataforma continental hacia el sur de Brasil, están controlados por la dinámica y circulación de las masas de agua sobre la misma. Los procesos hidrodinámicos determinan la productividad primaria y la redistribución de sedimentos en la plataforma, estableciendo diferencias geográficas en las tasas de sedimentación y en las facies sedimentarias (Mahiques *et al.*, 2010).

En lo que respecta a la hidrodinámica del Atlántico Sudoeste, ésta responde esencialmente al Giro Subtropical del Atlántico Sur y al transporte de la Corriente de Brasil (CB) y la Corriente de las Malvinas (CM) (Pereira *et al.*, 2009). Si bien las corrientes de contorno oeste se caracterizan por flujos intensos a lo largo de los márgenes continentales, la CB, originada en la latitud 10°S como la rama más al sur de la bifurcación de la Corriente Sur Ecuatorial (CSE), es descrita en la literatura como una corriente débil, en relación a

su análoga del hemisferio norte, la Corriente del Golfo (CG). No obstante, domina con su *momentum* la dinámica del litoral brasileiro, fluyendo rumbo al sur como una lengua de agua caliente y salina que bordea el continente (Silveira *et al.*, 2000; Castro *et al.*, 2006a,b). Entre 33°- 38°S, se separa de la costa, en la Zona de Convergencia Subtropical (ZCAS), en donde confluye con la CM, que transporta agua subantártica, sentido norte (Silveira *et al.*, *op cit*). Al comparar el margen oriental del Atlántico Sur con el occidental, se observa que este último es una región oligotrófica, típica de bajas latitudes, por encontrarse sobre el dominio de la CB, que va perdiendo nutrientes a medida que desciende por la costa americana (Castro *et al.*, 2006a; Mahiques *et al.*, 2004; McClain *et al.*, 1998 *apud* Muehe & Garcez, 2005; Brandini, 2006 *apud* Burone *et al.*, 2011; Ruhlemann *et al.*, 1999 *apud* Gonzales *et al.*, 2017). No obstante, el efecto de resurgencias costeras (Cabo Frío, en Río de Janeiro y Cabo de Santa Marta, en Santa Catarina), que promueven la remineralización de nutrientes béntico-pelágicos y la descarga de algunos ríos, determina patrones de transporte y deposición, que generan o contribuyen a mantener ambientes favorables para la reproducción y el desarrollo de muchas especies (Marques *et al.*, 2006).

Uno de los trabajos pioneros que analizó la distribución de las propiedades físicas de las aguas de la PCSE, fue el de Emilson (1961) quien elucidó variaciones verticales y horizontales en la temperatura y/o salinidad, promovidas por el régimen climatológico y el aporte de agua dulce, considerando incluso la influencia del Río de la Plata. Actualmente se reconocen cuatro masas de agua sobre la plataforma: Agua Tropical (AT), Agua Central del Atlántico Sur (ACAS), Agua Costera (AC) y Agua de Plataforma (AP). La circulación general del Atlántico Sur y las masas de agua antes mencionadas pueden observarse a continuación, en la **Figura 2**.

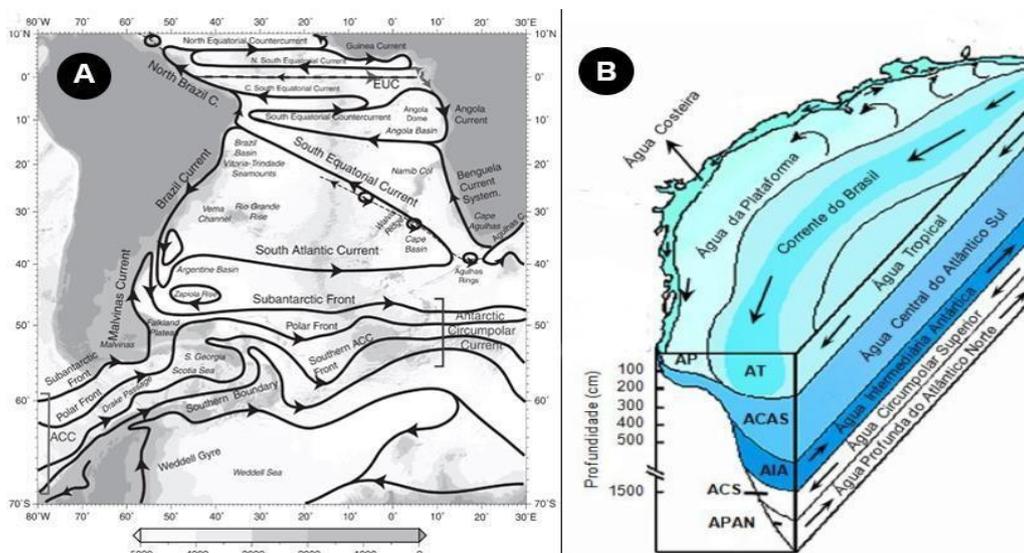


Figura 2. A- Circulación general del Atlántico Sur (Petterson & Stramma, 1991, *apud* Silveira, 2000); B- Estructura oceanográfica en la región sureste-sur brasileña (modificado de Matsuura, 1986).

La AT es transportada sentido S/SW por la CB, ocupando la capa de mezcla (0-200m) de la misma. Es relativamente cálida ($T > 20^{\circ}\text{C}$) y salina ($S > 36$), debido al exceso de evaporación en relación a la precipitación, causado por la intensa radiación solar típica del Atlántico Sur Tropical (Castro et al., 2006a, b; Pereira et al., 2009; Carvalho, 1998). Subyacente a ésta, se encuentra el ACAS, ocupando la región de la piconclina. La ACAS se forma como consecuencia de la subducción de aguas superficiales en la Convergencia Subtropical, donde se encuentran la CB y la CM, y por su ulterior propagación a lo largo de la superficie, según el ajuste hidrostático adecuado para su densidad. Fluye con pares de temperatura entre $6 - 16^{\circ}\text{C}$ y con una salinidad entre $34,6 - 36,2$ ups (Silveira et al., 2000; Piola & Matano, 2001). Se caracteriza por ser rica en nutrientes inorgánicos, mostrando mayor concentración de oxígeno en relación a las masas de aguas circundantes. En consecuencia, favorece el aumento de la productividad primaria, pudiendo tener efectos sobre la red trófica asociada a ella.

Las variaciones de temperatura anuales ejercen un control estacional sobre los parámetros físicos del agua marina, causando un gradiente de densidad que favorece la formación de corriente y la interacción entre las masas de agua oceánica y los cuerpos de agua dulce adyacentes al sistema (Castro, 1990). De la mezcla parcial éstas últimas, resultan las otras dos masas de agua encontradas en la PCSE, el AC y el AP. Así, la masa del AC se forma por la interacción entre aguas oceánicas presentes en la plataforma y aguas de origen continental de baja salinidad, de forma que su extensión es determinada fundamentalmente por la descarga de los ríos (Pereira et al., 2009). Por último, la cuarta masa de agua observada en la PCSE, el AP, se forma por la interacción entre el ACAS, AT y AC (Carvalho et al., 1998). En la **Figura 3** pueden observarse las cuatro masas de agua antes mencionadas sobre la PCSE durante el verano austral.

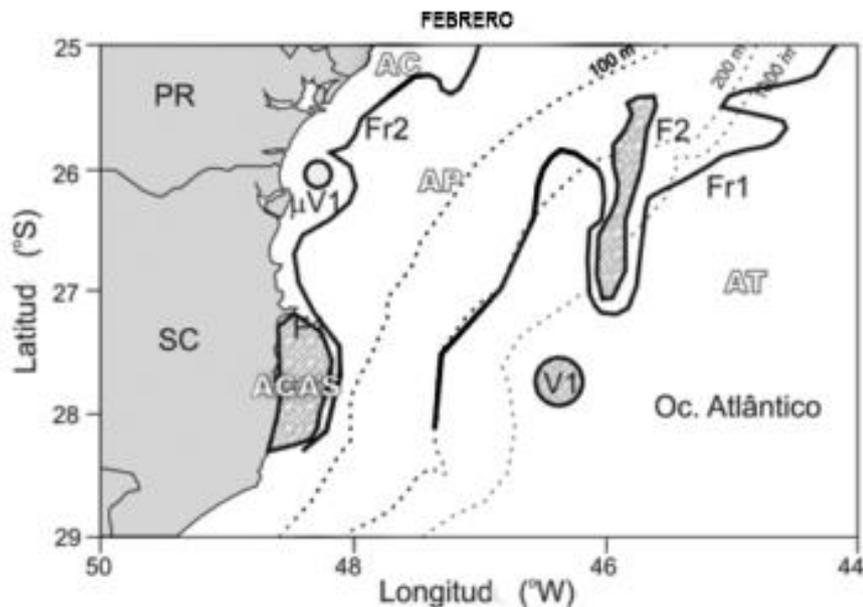


Figura 3. Representación esquemática de las masas de agua encontradas en la PCSE durante el febrero (mes en el que se realizaron las colectas). Mapa modificado de Pereira *et al.* (2009).

De dicho proceso de mezcla entre aguas costeras y profundas, resulta la formación de frentes oceanográficos, que son masas de agua con características contrastantes y altos valores de biodiversidad, ya sea por productividad local o por acúmulo mecánico, debido a la acción de procesos costeros (Pereira *et al.*, 2009). En este sentido, integrando datos de varios cruceros oceanográficos sobre la PCSE, Castro (1996) reconoció tres sectores con propiedades físicas diferentes, separados por dos frentes: plataforma continental interna (PCI), plataforma continental media (PCM) y plataforma continental externa (PCE). La PCI, localizada entre la costa y el Frente Térmico Profundo (FTP), presenta homogeneidad tridimensional de las propiedades físicas de sus aguas y un espesor variable, que disminuye durante los meses de primavera y verano (10 - 30 km) y aumenta durante el otoño e invierno (40 - 80 km). Entre el FTP y el Frente Hialino Superficial (FSH), se encuentra la PCM, caracterizada por una pronunciada estratificación térmica de la columna de agua durante el verano. Por último, la PCE se extiende desde la PCM hasta el quiebre de la plataforma, caracterizada por una baja variación estacional de las propiedades físicas (Silva *et al.*, 2004; Castro *et al.*, 2006a) (**Figura 4**).

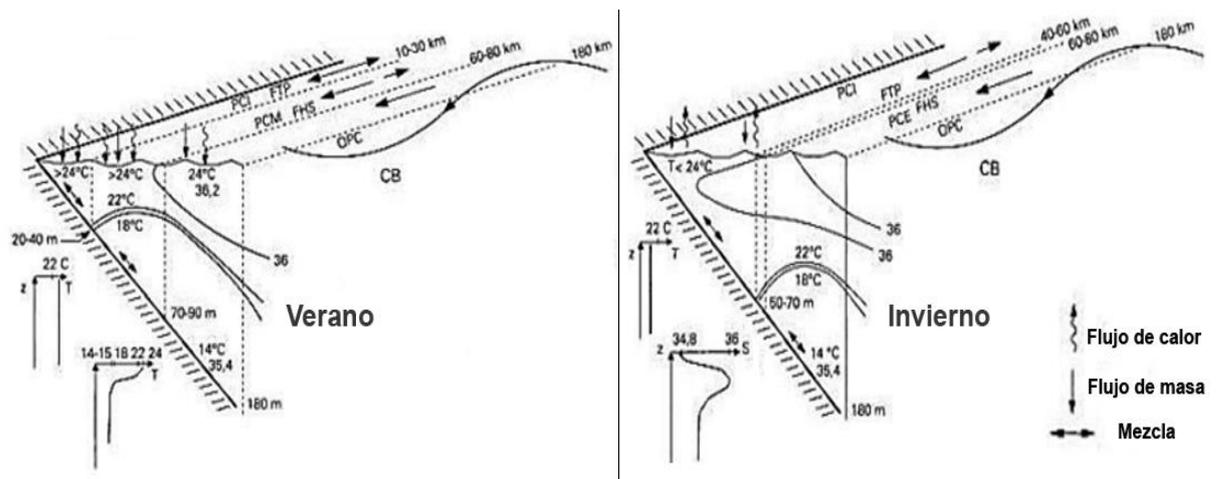


Figura 4. Representación esquemática de los sectores interno (PCI), medio (PCM) y externo (PCM) de la PCSE de acuerdo con Castro (1996). Durante el verano, época en la que fueron colectadas las muestras, la PCI se extiende hasta los 10-30 km y está limitada por el FTP, que separa aguas cálidas de origen costero (AC) de aguas oceánicas relativamente frías (ACAS). Diagrama modificado de Castro *et al.*, 2006a.

La sedimentación costera y marina dependen de factores climáticos actuales y de fenómenos con escala de tiempo de centenas a millones de años. En este sentido, los ambientes de plataforma evolucionaron a partir de un proceso dinámico de adaptación a las oscilaciones eustáticas, durante los cuales las olas, las mareas, las corrientes y la descarga fluvial, determinaron la dispersión y retrabajamiento de las partículas, así como también la construcción de estructuras sedimentarias que pueden ser reconocidas en la actualidad, como escarpas, terrazas y paleocanales. Las variaciones en el nivel relativo del mar (NRM), pueden ser producto de tectono-eustasia (movimientos terrestres), geoid-eustasia (gravedad y rotación) o glacio-eustasia (retracción y expansión de los casquetes polares), siendo descrita ésta última como la única causa importante para el margen continental del sur de Brasil. El efecto más relevante asociado a las transgresiones y regresiones marinas es la migración de la línea de costa (retrogradación y progradación costera, respectivamente) en respuesta a las variaciones en el volumen de agua de los océanos, regulada por el aumento o la disminución de la temperatura global (Suguio, 2003; Abreu, 2010). Los sedimentos que caracterizan el margen continental se depositaron durante la última regresión pleistocénica, hace aproximadamente 120,000 años BP, y los mismos se distribuyeron y retrabajaron a partir del inicio de la transgresión marina subsecuente. Se estima que, a partir del último máximo regresivo, durante el cual el nivel del mar se encontraba 110-130 m por debajo del nivel actual (y con esto, la plataforma estaba expuesta casi en su totalidad), el clima fue volviéndose más ameno, desencadenando la expansión de los casquetes polares y una ulterior transgresión marina,

hace aproximadamente 17500 años BP, ya en el Pleistoceno tardío (Corrêa, 1996). Con la transgresión y el aumento de la profundidad, hubo una reducción en la energía de los procesos costeros, de forma que la planicie costera pleistocénica se fue inundando y cubriendo por un manto de arenas y lodos transgresivos (Abreu, 2010). Se estima que hace aproximadamente 7000 años BP, el NRM alcanzó el nivel actual, el cual fue superado durante el máximo transgresivo del Holoceno, 5800 años BP, donde se calcula que se elevó entre 2 – 4 m en la PCSE y en la plataforma continental sur (PCS), respectivamente, antes de comenzar a retirarse (Angulo & Suguio, 1995; Corrêa, 1996; Abreu, 2010). A pesar de la tendencia transgresiva del Holoceno, existieron hiatos, períodos en los cuales el NRM disminuyó (Corrêa *op cit*). Asimismo, se alternaron fases de rápido avance (hasta 2 cm/año) con períodos más lentos y fríos, donde la velocidad del mar disminuyó con respecto de la tasa de sedimentación marina, posibilitando la acumulación de sedimento. Existen diversas evidencias topográficas (deposicionales y erosivas) de este comportamiento intermitente, así como también de las fases de estabilización del NRM, las cuales dejaron su impronta en la plataforma continental, siendo interpretadas como reliquias de antiguas línea de costa, hoy recubiertas por arenas y grava tipo *palimpsest* (Martins *et al.*, 2015). Uno de los trabajos pioneros que aborda esta temática es el de Corrêa (1996), quien observó la presencia de terrazas submarinas entre las isobatas de 20 – 130 m de la PCS, caracterizadas por cambios abruptos de declividad, metales pesados y sedimentos más gruesos (grava y arena biodetrítica), asociándolas a cinco fases de estabilización del NRM (**Figura 5**).

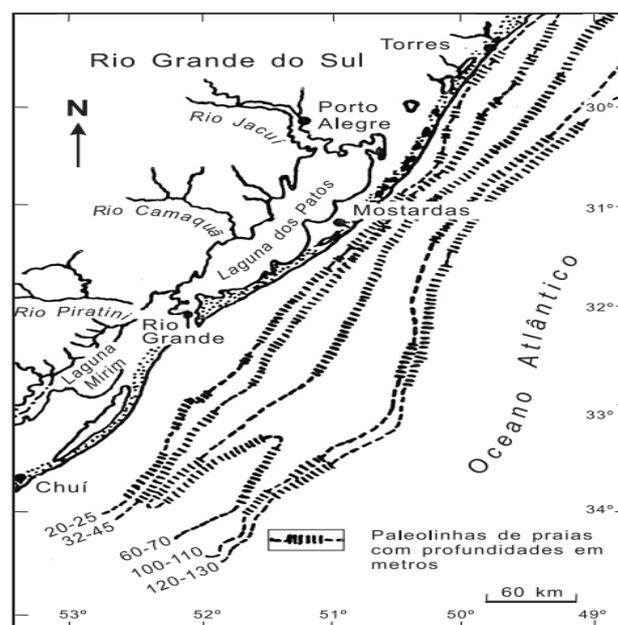


Figura 5. Mapa de la plataforma continental de Rio Grande do Sul, mostrando los contornos de antiguas líneas de costa, formadas durante las fases de estabilización del mar, entre 17,500 – 6,500 años BP. Extraído de Corrêa, 1996 *apud* Suguio, 2003.

Desde entonces, diversos autores han corroborado la existencia de estas terrazas, delimitando paleo-costas holocénicas, en regiones adyacentes a las muestreadas por Corrêa *op cit*, entre los que se destacan trabajos en la plataforma de Santa Catarina de Abreu (1998 *apud* Abreu, 2010; 2010); De Souza (2007) y Cooper *et al.* (2016). En este último, se ilustran las variaciones del NRM en la región sur y sureste de Brasil, durante los últimos 24.000 años, conforme puede verse en la **Figura 6**.

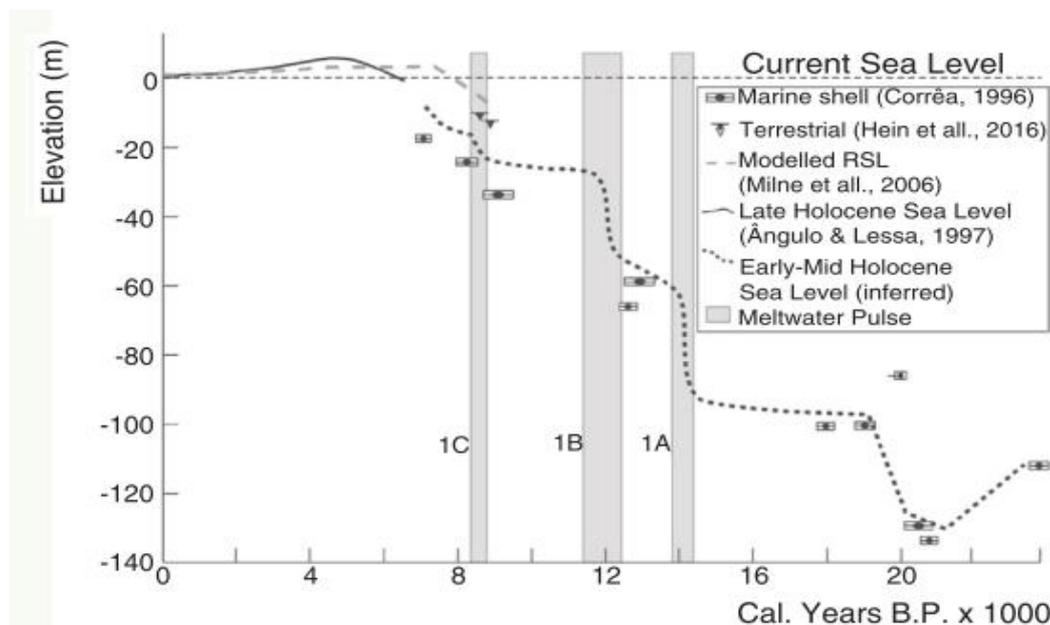


Figura 6. Curva de las variaciones del nivel relativo del mar durante el Cuaternario para el S-SE de Brasil. Extraído de Cooper *et al.* (2016).

3. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1- Localización

El área de estudio (**Figura 7**) se localiza en un trecho de la plataforma continental del estado de Santa Catarina, Brasil, entre las isobatas de 35 - 59 m. Dicho sector se encuentra frente a la *Ensenada de Pântano do Sul*, *Ensenada da Pinheira* y a la Bahía Sur de la Isla de Santa Catarina (Florianópolis).

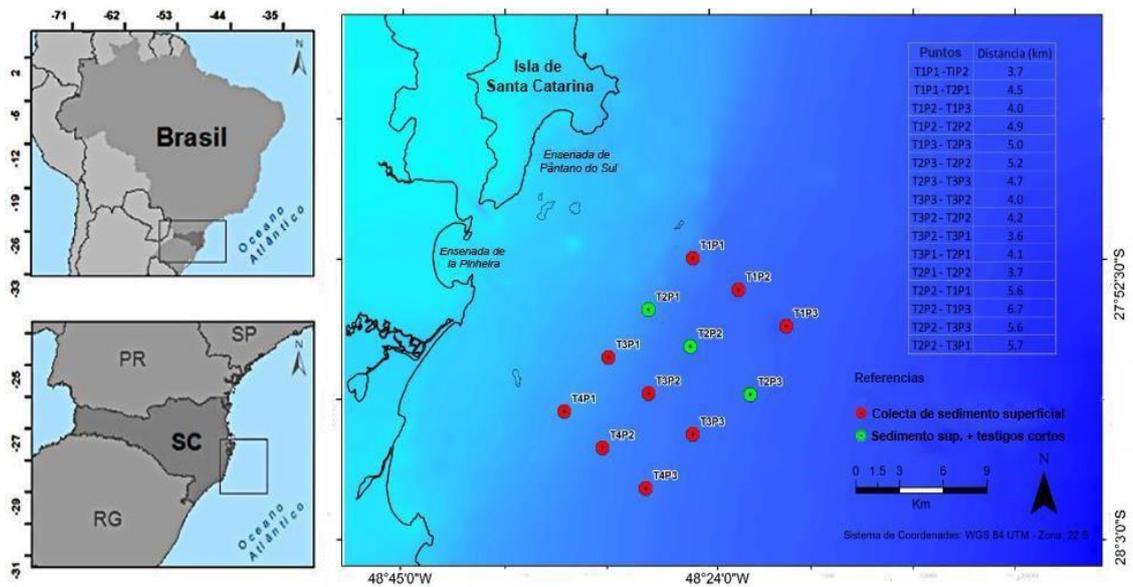


Figura 7. Mapa del área de estudio modificado de Faynna Arendartchuk (tesis de maestría en desarrollo). En verde se destacan los puntos de colecta de testigos cortos de sedimento; en rojo y verde se señalizan las doce estaciones de colecta de sedimento superficial.

3.2- Clima e hidrodinámica

De acuerdo con Castro *et al.* (2006b), la hidrodinámica en la PCSE, responde al efecto de cuatro forzantes: a) intensidad del viento; b) gradientes de presión baroclínicos cercanos a la zona costera; c) corrientes limítrofes de contorno oeste que actúan sobre el borde de la plataforma y d) mareas.

La Isla de Santa Catarina presenta un clima subtropical húmedo, en el cual se observan características tropicales durante el verano y templadas durante el invierno (Monteiro & Furtado, 1995). La dinámica atmosférica sobre la región de estudio responde a la variación estacional de dos centros de alta presión, uno de origen subtropical, el Anticiclón Semi-fijo del Atlántico y otro de origen polar, el Anticiclón Polar Móvil. El primero, centro de acción de la Masa Tropical Atlántica (mTA), se caracteriza por altos valores de humedad y temperatura, ocasionando fuertes temporales, sobre todo durante el verano. Los anticiclones semi-fijos (a veces llamados altas semi-permanentes o altas subtropicales), se originan en las regiones subtropicales de ambos hemisferios (30°N, 30°S), como resultado de la circulación del aire a escala planetaria dentro de las células de Hadley (0-30°), y reciben esa denominación en alusión a su naturaleza oscilante, ya que varían su posición geográfica y su intensidad a lo largo del año (Monteiro & Furtado *op cit.*; Ito, 1999 *apud* Degola, 2013; Ito & Ambrizzi, 2017). Diversos autores reconocen que el clima, la circulación forzada por el viento y el régimen de olas sobre la PCSE, se ven

afectados por la migración estacional de la Alta Subtropical del Atlántico Sur (ASAS) (Carvalho *et al.*, 1998; Castro *et al.*, 2006b; Pianca *et al.*, 2010; Ito & Ambrizzi, *op cit.*). Durante la época del año en la cual se efectuaron las colectas, el verano, los vientos anticiclónicos asociados al ASAS, se posicionan más hacia el sur y los vientos del cuadrante N-E, que dominan la región, se hacen más intensos y persistentes. Basándose en estudios previos de Matsuura (1986) y en el modelo conceptual propuesto por Castro (1990) para la circulación forzada por el viento en la PCSE, Carvalho *et al.* (1998) señala que, durante el verano, se observa en la PCSE una fuerte estratificación hidrográfica, con dos capas separadas por una termoclina estacional, condiciones bajo las cuales inferimos que se encontraba el área de estudio del presente trabajo en el momento de la colecta. Los autores relacionan este fenómeno con la intensificación de los vientos NE antes mencionados, cuyas componentes paralelas a la costa, ocasionan un transporte desde la capa de agua superficial hacia el mar abierto. Como consecuencia, ocurre un rebajamiento del nivel del mar en la costa, permitiendo que este espacio sea ocupado por aguas de plataforma más profundas, frías y densas (Abreu, 2010). Este es un tipo de resurgencia, asociada a la intrusión del Agua Central del Atlántico (ACAS) en las inmediaciones de la plataforma interna, la cual puede llegar hasta las isobatas de 40 - 50 m (Castro, 1990 *apud* Carvalho *et al.*, 1998). Durante el invierno, la PCSE es más homogénea, y si bien los vientos N/NE predominan todo el año hasta en un 47%, cuando están presentes, los vientos del cuadrante sur son los más intensos, provocando el hundimiento de la termoclina, por la subsidencia de las aguas próximas a la costa (Carvalho *et al.*, 1998; Mazzer & Dillenburg, 2009; Pianca *op cit.*). La intensificación de los vientos de dicho cuadrante, se relaciona con el invierno austral y el efecto del Anticiclón Polar, el cual es el centro de acción de la Masa Polar Atlántica (mPa), que trae olas de frío desde el polo sur hacia la región de estudio. En este sentido, la estabilidad del sistema climático se ve perturbada periódicamente por la migración del Anticiclón Polar Móvil que viaja SO/NO, frecuentemente originando frentes fríos sinópticos (cerca del 80% de las veces), con una ocurrencia promedio entre tres y cinco veces por mes, pudiendo ocasionar una variación en el nivel medio del mar en la costa (Ito & Ambrizzi, 2017). Asociados a los vientos anticiclónicos polares, suelen haber centros migratorios de alta y baja presión, que alteran los flujos de aire, resultando en vientos y olas muy significativas desde los cuadrantes S/E (Alves & Melo, 2001; Pianca *et al.*, 2010).

Con respecto al régimen de olas, Alves & Melo (2001) señalan cuatro estados de mar predominantes para el estado de Santa Catarina: ondulaciones (*swell*) provenientes del

sudeste, mar de viento (*sea*) provenientes este (conocido como “*lestada*”), mar de viento (*sea*) del este-nordeste y ondulaciones (*swell*) del sur. Las olas de los *swells* se caracterizan por períodos (T) más altos y no presentan conexión con los eventos climáticos locales, sino que en su mayoría responden a tormentas del sur que se propagan rumbo al norte por la costa del Atlántico y derivan al océano entre 20°-40°S (Alves & Melo *op cit*). Las condiciones de mayor energía suelen provenir de ondulaciones SE y S, pudiendo alcanzar hasta 6,3 m durante la primavera y 5,7m durante el invierno, respectivamente. Las olas de estos cuadrantes predominan durante el invierno, otoño y verano (38,1%, 47,2%, 27% respectivamente). Las olas de este-nordeste y este, están relacionadas con la intensificación de los vientos este en los bordes de los sistemas de alta presión y preceden el pasaje de sistemas frontales. Las olas del cuadrante este predominan durante la primavera (33,7%) (Pianca *et al. op cit*).

Por otra parte, la región de estudio presenta una altura media de marea de 0,8 m, con una amplitud máxima de 1,2 m (Trucollo *et al.*, 1998) y régimen semi-diurno. En esta línea, De Souza, (2006) resalta el efecto de los vientos sobre la marea astronómica en la plataforma continental adyacente a la porción sur de la Isla de Santa Catarina.

En cuanto al sistema fluvial, cabe destacar que no existen ríos de gran caudal que desagüen en el área de estudio. En este sentido, una de las principales características de la PCSE es justamente el modesto aporte continental sobre la misma, ya que la mayoría de los ríos se dirigen hacia el interior del continente (por ejemplo, hacia la Cuenca del Río Paraná) y no hacia el océano (Carvalho *et al.*, 1988; Suguio, 2003). Esto se evidencia en las mediciones de clorofila *a*, que revelan valores en torno de 0,1 mg/m³ para todo el margen continental de Brasil en general, con excepción de regiones de la Cuenca del Río de la Plata y la región del Río Amazonas, donde supera los 2 mg/m³. Esto condiciona el espesor del margen continental, así como también la disponibilidad de nutrientes y la cobertura sedimentar regional (Muehe & Garcez, 2005).

3.3- Caracterización sedimentaria de la Plataforma Continental Sureste

Según el análisis de los mapas litológicos presentado por Gré (1989), en la plataforma de Santa Catarina se observan tres zonas sedimentares, complementadas por una cuarta de mezcla: arena cuartzosa (con selección de pobre a moderada), arena biodetrítica (principalmente compuesta por foraminíferos, briozoarios, poríferos y fragmentos de conchas de moluscos), sedimentos finos (con alternancia de sus dos componentes, limo y arcilla) y sedimentos resultantes de la mezcla entre arena y sedimentos finos

(encontrándose tres tipos: arena cuarzo-arcillosa, arena biodetrítica arcillosa y arena biodetrítica limosa). De acuerdo con Horn Filho (2003), en la porción interna de la plataforma predomina la facies areno-cuartzosa, similar a la encontrada en la planicie costera, evidenciando su evolución conjunta, y se encuentran facies con alta concentración de arena biodetrítica y carbonato, asociadas a la estabilización del NRM y a áreas con mayor movilización sedimentaria (Abreu, 2010). Hacia la plataforma media, los sedimentos terrígenos se extienden sobre las arenas, sustituyéndolas progresivamente y dando lugar a la arena- limosa y la arena-limo-arcillosa (Horn Filho, 2003). Finalmente, en la plataforma externa ocurre una mezcla entre los sedimentos gruesos (arenas) y finos (limo y arcilla) (Corrêa, 1978; Corrêa 1980, Gré 1983, Corrêa *et al.*, 1996; Horn Filho, 2003).

3.4- Zonas biológicas en el área de estudio (clasificación *EUNIS*)

Las comunidades bentónicas se ven afectadas por parámetros como el porcentaje de luz que alcanza el fondo marino y la temperatura. Estas variables dependen de los cambios de profundidad y su efecto se evidencia en el sustrato, de forma que es posible identificar y caracterizar hábitats, llamados de “zonas biológicas” de aquí en adelante (Vázquez, 2013 *apud* Mussi, 2017).

Uno de los trabajos más recientes en cuanto al análisis de la geodiversidad y de los bienes y servicios ecosistémicos derivados de la plataforma continental catarinense es el de Mussi (2017). En dicho trabajo, se definen zonas biológicas en base a los criterios *EUNIS* (*European Nature Information System*), los cuales son una llave de clasificación jerárquica que consiste en una combinación única de datos geoespaciales y variables ambientales (tipo de sustrato, profundidad, luminosidad que llega a la capa bentónica, tensión de cizallamiento en el fondo marino, etc.), que pueden asociarse con las comunidades biológicas, resultando en la caracterización de los biotopos presentes en una región. A partir del mapeamiento de estos biotopos para la plataforma de Santa Catarina, se concluye que existen cuatro zonas biológicas, que reflejan la estratificación vertical, resultante de la combinación del gradiente batimétrico, el cambio en la longitud de onda de las olas (λ) y el coeficiente de atenuación difusa (K_d 490 nm), el cual es una medida de claridad (o turbidez), que estima mediante imágenes satelitales, la irradiancia luminosa transmitida a la columna de agua. De esta manera, la zona infralitoral se extiende desde el nivel medio del mar hasta la profundidad en donde el porcentaje de luminosidad que llega al fondo marino es del 1% y, por tanto, concentra la mayor parte de los organismos multicelulares fotosintéticos (Connor *et al.*, 2006, Coltman, Golding & Verling, 2008 *apud* Mussi, 2017). En la profundidad

en la cual la luz no alcanza el fondo marino, comienza la zona circalitoral, cuyos límites inferior y superior están determinados por la interacción entre el cambio en la profundidad (ΔH) y la longitud de onda de la ola (λ). A medida que la ola se aproxima a la costa, le transfiere energía al sustrato progresivamente. Este fenómeno se debe a que la espesura de lámina de agua por la cual se propaga la ola, comienza a disminuir hasta llegar a un valor crítico ($\lambda_{m\acute{a}x}$), a partir del cual la profundidad es $\leq \frac{1}{2} \lambda$. En este punto, la ola comienza a desestabilizarse (“a sentir el fondo”) hasta quebrar, proceso durante el cual es capaz de movilizar sedimento. Este límite varía estacionalmente, por su dependencia a la dirección geográfica del *swell*, el cual produce olas con alturas significativas diferenciales, que, como ya fue mencionado, varían de acuerdo con las estaciones del año. Las olas de *swells* provenientes del sector norte, este y sureste, se propagan “sin sentir el fondo” hasta la isobata de 20 m. No obstante, se ha visto que los potentes *swells* del sur tienen la capacidad de influenciar el fondo marino hasta 30 m de profundidad, en la porción más al sur de la plataforma catarinense, y hasta 70 m, hacia el norte del estado. Cuando las olas no son capaces de influenciar el sustrato ($L/2 < H$), la región se denomina zona circalitoral profunda, pudiendo extenderse hasta el quiebre de la plataforma. A partir de esta profundidad, se denomina mar profundo, y el mismo comprende la zona batial y la abisal (Mussi, 2017). Lo recientemente descrito puede observarse en la **Figura 8**.

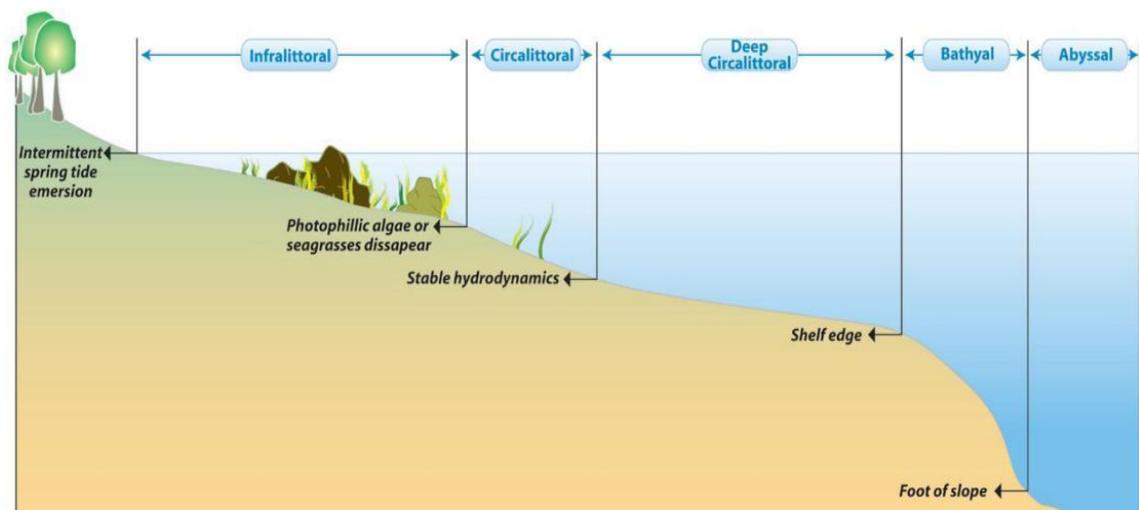


Figura 8. Zonas biológicas según la clasificación EUNIS (Vasquez *et al.*, 2013 *apud* Mussi, 2017).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1- Muestreo

Las muestras fueron colectadas durante la campaña oceanográfica realizada entre el 05 y el 15 de febrero de 2015 a bordo del buque oceanográfico *Atlântico Sul*. Dicha campaña representó el cuarto muestreo realizado en el marco de las actividades de investigación del proyecto *INCT-MarCOI*. En lo que respecta al presente trabajo, se abarcó un área aproximada de 120 km², la cual se obtuvieron doce estaciones de colecta, separados por una distancia variable entre 3,7 – 6,7 km (1,9 y 3,6 m, respectivamente) entre sí, con profundidades entre 35 - 59 m, correspondientes a una distancia entre 8 - 13 km de la costa.

Además de las muestras de sedimento superficial y de la columna sedimentar (testigos) destinadas al estudio de foraminíferos bentónicos, también se obtuvieron datos geofísicos y se realizaron filmaciones subacuáticas. El sedimento superficial se extrajo con un *Box Corer* (40X40 cm) y se almacenó en frascos plásticos que fueron inmediatamente refrigerados. Los testigos cortos fueron recuperados en tres puntos de la transecta T2 (T2P1, T2P2 y T2P3) y se obtuvieron tres réplicas por estación, con el objetivo de reducir el efecto de un eventual patrón de distribución en parches.

4.2- Análisis de las muestras

4.2.1- Análisis granulométricos y geo-procesamiento de los datos

Las muestras de sedimento fueron analizadas en el *Laboratório de Oceanografia Costeira* (L.O.C), en la sección de Sedimentología Marina. Para comenzar, se efectuó una descripción *in visu* del sedimento, para la cual se consideró la textura, presencia o ausencia de fragmentos carbonáticos y de fauna acompañante. El análisis granulométrico se realizó en un analizador de partículas por difracción de luz marca *Horiba Practica LA-950-A2*, en combinación con *software* específico. Se obtuvo la distribución porcentual de las clases granulométricas y se calcularon los parámetros estadísticos de Folk & Ward (1957), basándose en la clasificación de Shepard (1954). Los resultados fueron representados especialmente en el *software ArcGis 10.1* aplicando el método de los *Vecinos Más Próximos* (*Nearest Neighbours*).

Para identificar las variaciones batimétricas del área mapeada, se utilizó el *software Haypack 2016*, el cual combinó los datos brutos de profundidad con los datos de mareas y con la velocidad de dispersión del sonido en el agua, colectados conjuntamente en el día del muestreo. Con el fin de identificar la geomorfología de fondo y con los datos batimétricos interpolados, fue creado un *Modelo Digital de Terreno (MDT)*, el cual consiste en una representación gráfico-matemática de las características espaciales del sustrato. En este caso, el relieve marino fue clasificado utilizando la herramienta *Benthic Terrain Modeler (BTM)*, desarrollada por la *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)* y la Universidad de Oregon.

Finalmente, se integraron los datos batimétricos procesados en SIG, con los mapas propuestos por Mussi (2017) al respecto de la tensión de cizallamiento sobre el fondo marino y la profundidad de la zona fótica en la plataforma continental de Santa Catarina. La integración espacial de estas informaciones permitió definir, para la escala del área de estudio, los límites de las zonas infralitoral e circalitoral, y subdividir esta última en poco profunda (somera) y profunda.

Los procesamientos en SIG referentes a los modelos de batimetría, a la distribución de la tendencia de los sedimentos, al MDT y al BTM, fueron realizados por Fayna Arendartchuk, en el marco de su disertación de maestría, aún en desarrollo (programa de pos-grado en PPG-Oceanografía, UFSC).

4.2.2- Preparación de las muestras en el laboratorio

Una vez en las instalaciones del L.O.C (**Figura 9.1**), se separó un volumen aproximado de 30 cm³ por muestra y fue teñido con el colorante Rosa de Bengala (**Figura 8.2a**), de acuerdo a la técnica propuesta por Walton (1952). El objetivo de la misma es obtener una coloración diferencial en el protoplasma de aquellos organismos que se encontraban vivos en el momento de la colecta. Las muestras fueron tamizadas en húmedo con un tamiz de 63 µm. Este diámetro elimina las fracciones más finas (limo y arcilla) y retiene la fracción arenosa (**Figura 8.2b**). Posteriormente, el material contenido en el tamiz se colocó en un filtro de papel (**Figura 8.2c**) y se secó en una estufa a 40°C aproximadamente.

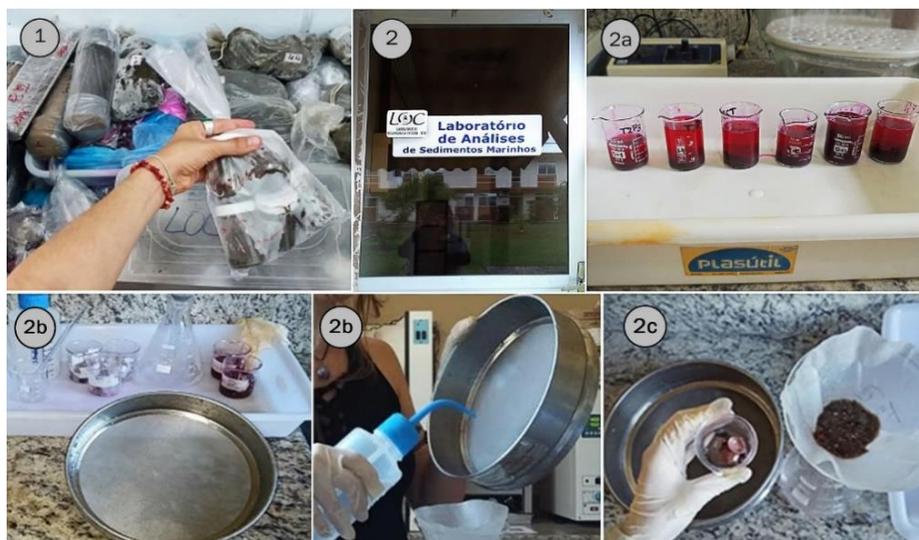


Figura 9. Pre-procesamiento de las muestras (I). **1-** Retiro del *freezer* de las doce muestras de sedimento superficial; **2-** Acondicionamiento de las muestras en el Laboratorio de Análises de Sedimentos Marinos dentro del LOC; **2.A** – Teñido con Rosa de Bengala; **2.B-** Tamizado en húmedo; **2.C-** Fracción de sedimento > 63 μm dispuesto en un filtro de papel antes de ser secado en la estufa.

Cuando las muestras estuvieron secas, se prosiguió con la etapa de flotación con un líquido de alta densidad, como es el Tricloroetileno (C_2HCl_3 ; 1.46 g/ml), ilustrado en la **Figura 10**. El sobrenadante resultante fue analizado bajo un microscopio estereoscópico (hasta 400 X).

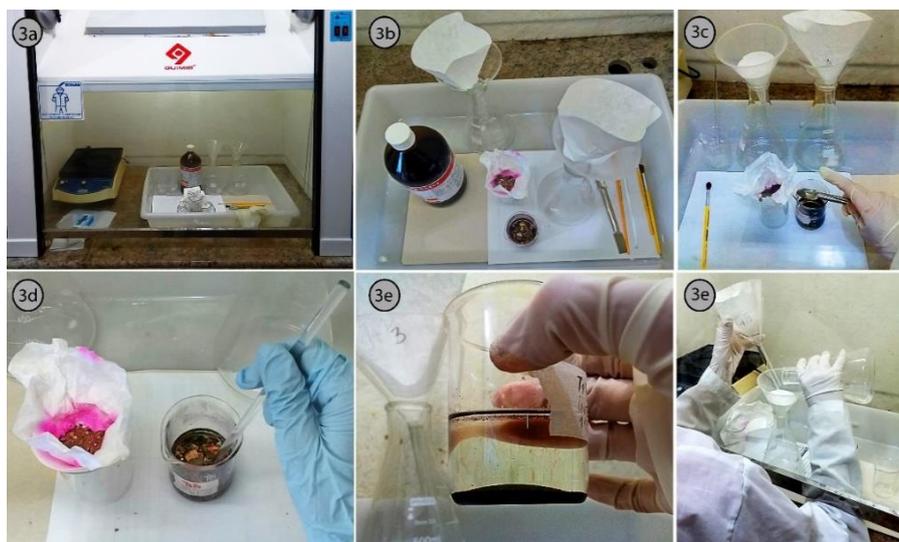


Figura 10. Pre-procesamiento de las muestras (II). **3.A-** Acondicionamiento de la bandeja con el material dentro de la campana de extracción; **3.B-** Detalle del material utilizado para esta etapa (fracción arenosa seca > 63 μm , Tricloroetileno, erlenmeyer con embudos y filtros de papel, vasos de bohemia, bastón de vidrio, pala y pinceles); **3.C-** El material se retira del filtro y se espolvorea en el vaso de bohemia; **3.D-** Homogenización; **3.E-** Filtrado.

4.2.3- Procesamiento de las submuestras

Bajo microscopio estereoscópico, se extrajeron aproximadamente 300 caparazones por muestra, los cuales fueron dispuestos en láminas apropiadas para el estudio de microfósiles y su posterior identificación taxonómica.

La identificación de las especies siguió la propuesta taxonómica de *World Register of Marine Species* y bibliografía especializada como Boltovskoy *et al.* (1980); Debenay (2012); Souza (2012); Disaró (2014), entre otros. También se utilizaron guías y planchas taxonómicas disponibles en páginas online, tales como *The Foraminifera.eu Project* y *Palentología Electrónica*. En una etapa final, se separaron algunos especímenes representativos de los géneros y especies identificados en láminas de referencia, y se los fotografió con un estereomicroscopio *Zeiss Axio Zoom V 16*, para luego elaborar planchas taxonómicas.

Descriptores ecológicos

Los parámetros bióticos evaluados fueron: (i) abundancia relativa; (ii) frecuencia de ocurrencia; (iii) composición de las paredes del caparazón; (iv) asociaciones ecológicas; (v) abundancia total de foraminíferos vivos; (vi) riqueza; (vi) razón planctónicos:

bentónicos; (vii) estimación del estado de preservación de las tecas y (viii) morfotipos x *microhábitats*.

Abundancia relativa

La abundancia relativa cuantifica la proporción de individuos de una especie con respecto a la población total de la muestra y varía entre 0 y 100. Se obtiene a partir de la sumatoria de los elementos del conjunto de datos (X_1, X_2, \dots, X_N) dividida por el número total de casos N y multiplicada por 100.

Frecuencia de ocurrencia

La frecuencia de ocurrencia de un *taxa* evalúa el porcentaje (%) de estación/es del área de estudio en la/s cual/es el mismo fue/ron observado/s.

Composición de las paredes

Se cuantificó la cantidad de foraminíferos aglutinantes, porcelanáceos y hialinos en cada punto de colecta. En la **Figura 11**, se ejemplifican las características principales de los distintos caparazones.

Aglutinantes	Porcelanáceos	Hialinos
La textura del caparazón dependerá de la naturaleza de las partículas aglomeradas.	Aspecto lechoso, paredes calcáreas, carentes de poros (no perforados), compuestas por espículas de calcita de alto Magnesio. Se destaca el orden Miliolina.	Caparazones con aspecto vidrioso, permitiendo el pasaje de luz (siempre y cuando no estén en proceso de diagénesis), perforados. Se destaca el suborden Rotallida
		

Figura 11. Características principales de los foraminíferos aglutinantes, porcelanáceos y hialinos, basadas en Armstrong & Brasier, 2005.

Asociaciones ecológicas

Con el fin de evaluar posibles variaciones espaciales en la distribución de las poblaciones totales en cada estación, se formaron tres agrupaciones con los *taxa* principales reconocidos en las muestras: Boliviniidios-Buliminidios (BB), Ammonidae-Elphidiidae-Nonionidae (AEN) y Uvigerina-Trifarina (UT). Estos grupos fueron definidos en función de las semejanzas ecológicas entre las especies que los constituyen, expresadas por diferentes autores, entre ellos Murray (2006).

Abundancia relativa de foraminíferos vivos

Fueron clasificados y cuantificados como foraminíferos vivos aquellos especímenes con dos cámaras o más teñidas con el colorante Rosa de Bengala.

Riqueza

La riqueza biológica es una estimativa de la biodiversidad α de una comunidad. Se define como el número total de especies (S) presentes en un espacio (ecosistema, biotopo, superficie) en un determinado período de tiempo.

Razón planctónicos: bentónicos

Se evaluó la proporción de organismos bentónicos y planctónicos para el conjunto de datos de la muestra y para cada punto de colecta (P1, P2, P3) de las cuatro transectas (T1, T2, T3, T4). Se espera que la relación P: B tienda a incrementarse a medida que aumenta la profundidad o la distancia desde la costa (Jones, 2013).

Morfotipos x microhábitats.

Como ya fue mencionado, conjuntamente con las muestras de sedimento superficial, se extrajeron réplicas de testigos cortos de sedimento de hasta 17 cm de columna de sedimento en la transecta T2. A partir de un análisis previo realizado por Natasha Costa (PIBIC/UFSC, 2017) al respecto de la variación de los especímenes vivos en la columna de sedimento, se modelaron dichos resultados mediante la construcción de un diagrama vectorial a escala, con auxilio de los *softwares Adobe Photoshop CC 2017 y Adobe Power Point 2016*. Para correlacionar los *microhábitats* con los géneros más relevantes, se consultó bibliografía especializada, como Murray (2006), quien sintetiza los hábitos de vida

de los géneros principales, y el trabajo de Corliss (1991), el cual discute las preferencias sobre los *microhábitats* de los foraminíferos bentónicos de la plataforma continental del Atlántico Norte. Para facilitar la comprensión de los criterios expresados por dicho autor, se resumieron en un cuadro las categorías de *microhábitats* posibles (epifauna, infauna somera, intermedia o profunda) y la descripción de los morfotipos típicos de cada una de ellas (**Tabla 1**).

Tabla 1. Resumen de las categorías definidas en Corliss (1991) sobre las preferencias de *microhábitats* de foraminíferos bentónicos.

Microhábitat	0 - 1 cm	1 - 2 cm	2 - 4 cm	> 4 cm	Características morfológicas
EPIFAUNA	x				Enrollamiento trocoespiralado; secciones transversales plano-convexas o biconvexas; poros ausentes o encontrados sólo en una de las caras.
INFAUNA RASA		x			Espiral uniserial, triserial o planispiral; muchos taxones presentan ornamentación superficial.
INFAUNA INTERMEDIA		x	x		Enrollamiento planoespiral (excepto <i>C. bradyi</i>); perímetros redondeados, poros por todo el caparazón.
INFAUNA PROFUNDA				x	Espiral planispiral o triserial; forma cilíndrica u ovalada.

Estimación del estado de preservación de los caparazones

Las variaciones en la coloración de los caparazones de los foraminíferos pueden ser utilizadas para estimar la historia diagenética y deposicional de los sedimentos (Duleba, 1994). En este sentido, se analizó el estado de preservación de los caparazones encontrados en el sedimento superficial, con el fin de inferir y discutir el efecto de los procesos sedimentológicos e hidrodinámicos dominantes en el área de estudio sobre los caparazones. Las alteraciones químicas o físicas que comprometen la integridad y composición de la estructura de los caparazones fueron evaluadas en función de la ocurrencia de especímenes “piritizados” y con señales primarias de retrabajamiento. La migración de fluidos y la difusión de sustancias posibilitan diversos cambios en la composición mineralógica y estructural de los elementos conservados. Estos cambios tafonómicos pueden ser por adición de nuevos componentes minerales (cementación) o por la sustitución de los mismos (reemplazamiento o remineralización) (Fernandez-López, 1991). Entre los procesos que la tafonomía (“*leyes del enterramiento*”) estudia para los foraminíferos bentónicos, uno de los más relevantes es la remineralización por

precipitación química del sulfuro de hierro (II) como pirita (Fernandez-López, 1999). El mismo ocurre a partir de la descomposición de la materia orgánica en condiciones reductoras (Maiklem, 1967; Seigle, 1973; Samoylenko & Golovko, 1994 *apud* De Mello, 2013) y en aquellos caparazones afectados por este proceso se observa una coloración negra parcial o total de las cámaras (**Figura 12A**). Asimismo, se realizó una evaluación visual en búsqueda de señales primarias de deterioro, como lo son el aumento en la opacidad de los caparazones (coloración lechosa), pérdida de diferenciación entre las cámaras por desgaste o remoción de las láminas superficiales del caparazón y el aumento de la porosidad. Los criterios fueron definidos en base al trabajo reciente de Gonzales *et al.* (2017) para estimar el estado de preservación de las testas de *H. hoeglundina* en sedimentos cuaternarios del Atlántico Sur (**Figura 12B**). Estos dos resultados fueron combinados e interpretados como un indicador de retrabajamiento y edad de los sedimentos.

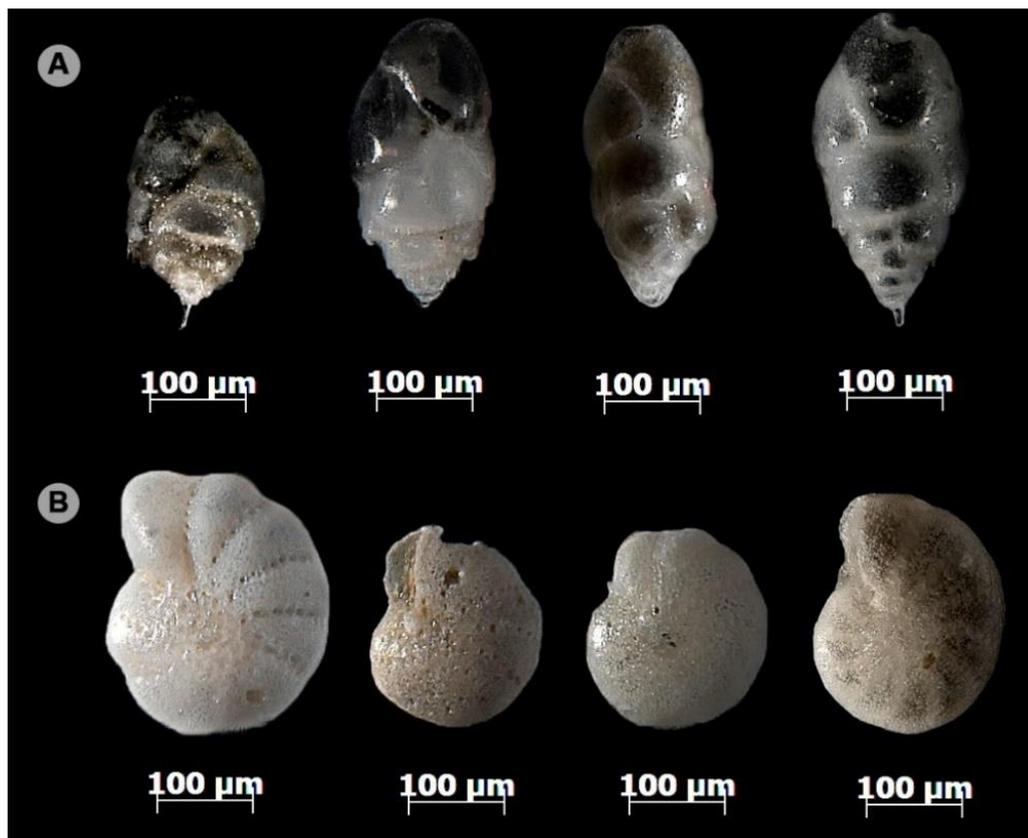


Figura 12. Evidencia de procesos tafonómicos en especímenes de *Bulimina* sp. y *Criboelphidium* sp. **A-**Grados de Piritización; **B-** Señales de desgaste. Se observan caparazones con pérdida de aspecto translúcido, remoción de las capas superficiales y con grados variables de porosidad.

Para estimar la posible influencia de la hidrodinámica local, se cuantificó el número de caparazones fragmentados (**Figura 13**). No obstante, para no incluir errores de

manipulación que resulten en la sobreestimación de especímenes quebrados, sólo fueron considerados como indicadores de hidrodinámica intensa aquellos caparazones con el 30% o más de las cámaras fragmentadas. Las fracturas inferiores al 30% fueron asociadas a posibles errores de manipulación durante las etapas de fricción del material, como el de tamizado en húmedo de los sedimentos finos y/o la flotación.

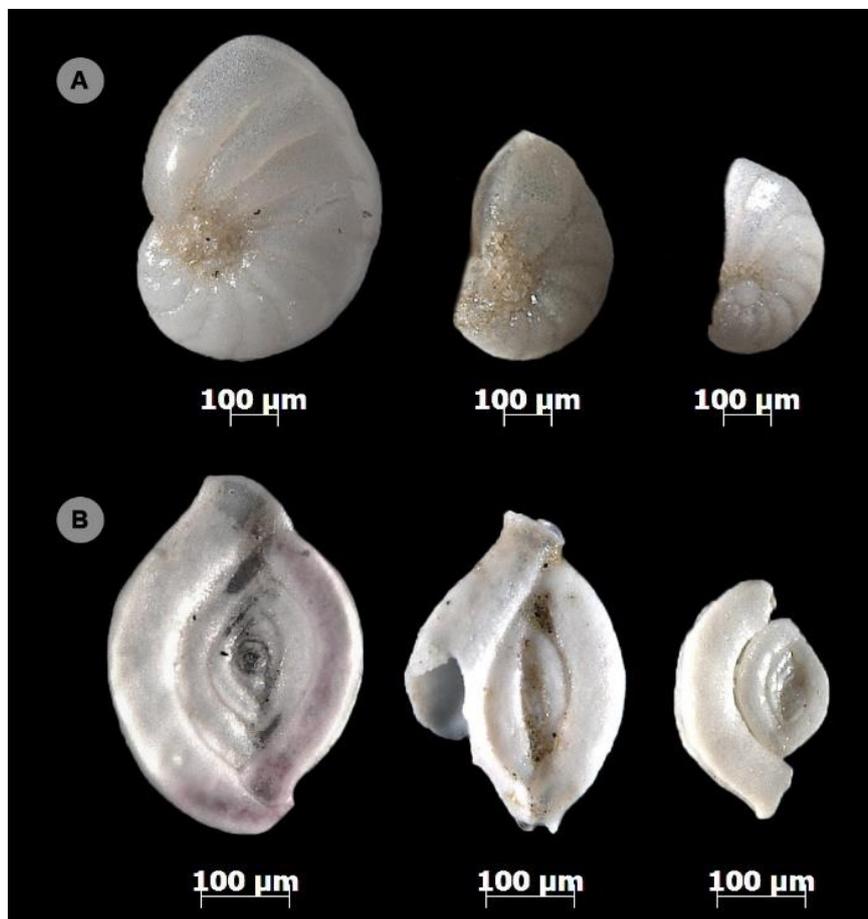


Figura 13. Alteraciones en la estructura de los caparazones. De izquierda a derecha se observan especímenes de *Pseudononion* sp. (A) y *Spiroloculina* sp. (B) sin evidencias de deterioro (100% de preservación), con 30% de las cámaras fragmentadas y con más del 30% de la estructura comprometida. Sólo estas últimas dos categorías fueron interpretadas como indicadores de hidrodinámica intensa.

4.4- Relaciones estadísticas entre las comunidades de foraminíferos bentónicos y las características sedimentológicas del fondo marino

Se realizó un análisis de correlación usando el coeficiente no paramétrico de Spearman, el cual permitió reconocer relaciones entre las variables ecológicas (% foraminíferos bentónicos, % de tecas aglutinantes, porcelanáceas y hialinas, % *taxa* dominantes, % especímenes vivos y % de alteraciones en el caparazón) y abióticas (batimetría, declividad, variación del diámetro medio de los granos, % carbonato biodetrítico y % MOT en el sedimento).

Asimismo, se realizó un análisis de escalamiento multidimensional (MDS), una técnica de estadística multivariada que consiste en la representación gráfica bidimensional de un conjunto de datos, de tal forma que es posible ponderar las relaciones entre las variables en función de su posición relativa (Parker & Arnold, 2003). Para este fin se calculó una matriz de distancia euclidiana con las variables abióticas (diámetro medio, y concentración de carbonato biodetrítico) y los valores de abundancia relativa de las asociaciones BB, AEN y UT. La selección de las dos dimensiones representadas en el gráfico fue efectuada con un índice de *stress* de 0,054.

5. RESULTADOS

5.1 - Resultados abióticos

Descripción in visu de los sedimentos



Figura 14. Sedimentos observados en cada estación de colecta. Obs.: La escala (3,1 cm) representa 7,45 cm, correspondiente al radio de la placa de Petri utilizada.

Se observaron sedimentos con mayor proporción de fragmentos carbonáticos en las estaciones del perfil P1, especialmente en las localizadas entre 35 – 40 m (**Figura 14**).

Análisis granulométricos y batimetría del área

La descripción granulométrica (parámetros estadísticos de Folk & Ward, 1957), la composición de los sedimentos colectados en campo y las variaciones batimétricas entre las estaciones se presentan en la **Tabla 2**. Dichos resultados están siendo analizados con mayor detalle por Faynna Arendartchuk en el marco de su disertación de maestría.

Tabla 2. Batimetría y caracterización sedimentológica de las estaciones de colecta.

Estación	Prof. (m)	Diámetro medio (Mz)	Grado de Selección (σ_1)	% Carbonato	% MOT
T1P1	47	4,0 LMG	2,6 Muy pobremente seleccionado	17,6	2,0
T1P2	57	4,44 LMG	1,81 Pobremente seleccionado	7,0	1,3
T1P3	59	4,27 LMG	2,23 Muy pobremente seleccionado	8,5	2,5
T2P1	40	0,66 AG	1,96 Pobremente seleccionado	50,6	0,6
T2P2	54	4,65 LMG	1,77 Pobremente seleccionado	7,7	2,4
T2P3	58	4,65 LMG	1,89 Pobremente seleccionado	5,8	2,3
T3P1	37	0,31 AG	1,18 Pobremente seleccionado	28,2	0,4
T3P2	50	4,50 LMG	1,7 Pobremente seleccionado	7,3	1,6
T3P3	54	4,48 LMG	1,67 Pobremente seleccionado	7,1	2,4
T4P1	35	1,90 AM	2,97 Muy pobremente seleccionado	40,3	1,4
T4P2	45	4,13 LMG	1,85 Pobremente seleccionado	9,6	5,2
T4P3	51	4,41 LMG	1,62 Pobremente seleccionado	7,6	3,0

Obs.: Arena gruesa (AG) = 1 – 0,5 mm; Arena media (AM) = 0,5 – 0,25 mm; Limo muy grueso (LMG) = 0,063 – 0,031 mm

El porcentaje de sedimentos arenosos varió entre el 52-95,9%, concentrándose en mayor proporción en las estaciones menos profundas (35 m, 37 m y 40 m), donde representaron más del 76%. Se constató una tendencia batimétrica asociada a la disminución del diámetro medio, siendo que en dichas estaciones se observaron arenas

gruesas (35 – 38,5%) y arena media (24,8%), en contraste con el limo muy grueso observado en casi la totalidad de las estaciones por encima de la isobata de los 40 m (0,7-18,5%). Como puede apreciarse en la **Figura 14**, las estaciones localizadas a menor profundidad también se caracterizaron por presentar alta concentración de carbonato biodetrítico (17,6 – 50,6%), destacándose la presencia de grandes fragmentos de berberechos, mejillones y ostras. La distribución de la concentración de materia orgánica total varió entre 0,3% y 4,2%, concentrándose preferentemente en la zona sureste del área.

Descripción de las zonas biológicas según la clasificación EUNIS

Se observó que la zona circalitoral somera (**Figura 15**) comprende a todos los puntos de colecta por debajo los 48 m, referentes a las estaciones P1 (T1P1, 47 m; T2P1, 40 m; T3P1, 37 m y T4P1, 35 m) y a la estación T4P2 (45 m), las cuales se caracterizan por presentar las mayores concentraciones de carbonato biodetrítico de la muestra (entre 9,6%-50,6%). Los siete puntos de colecta restantes, se correspondieron con la zona circalitoral profunda, en la cual se observaron bajos porcentajes de carbonato biodetrítico (5,8-8,5%) y un aumento de los sedimentos finos, representados por limo muy grueso (15,3-18%).

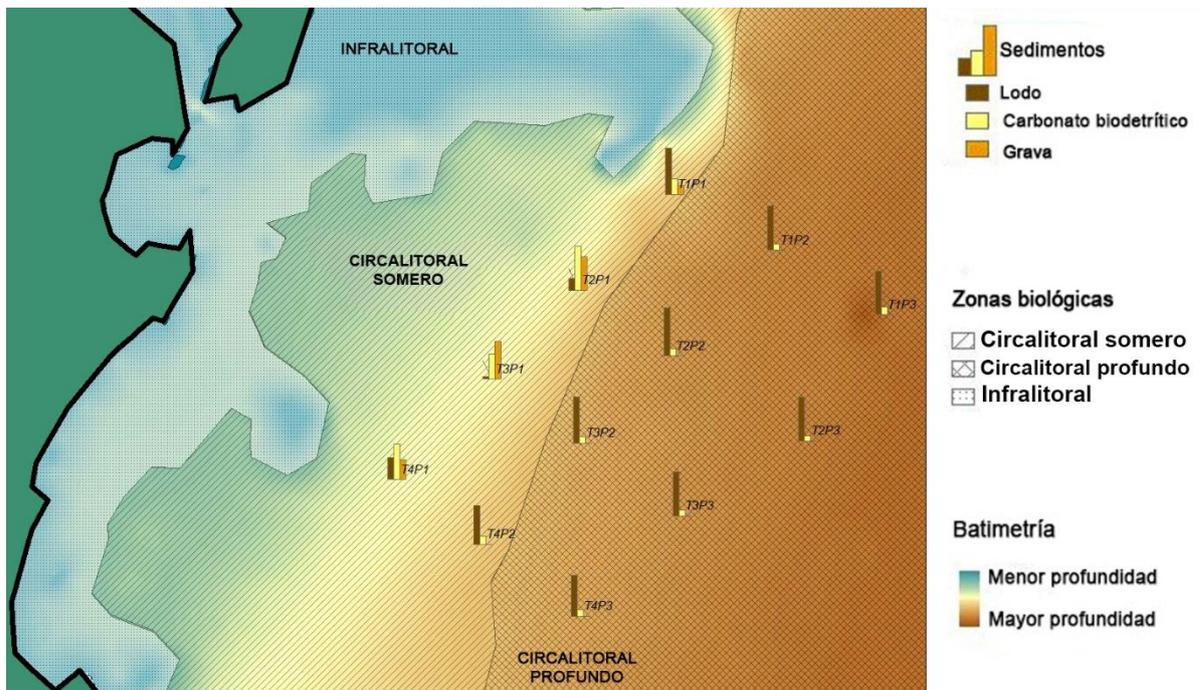


Figura 15. Zonas biológicas definidas según el criterio de clasificación EUNIS para el área de estudio. Se observa que la misma abarca la transición entre la zona circalitoral somera y el circalitoral profundo. Mapa adaptado de Mussi (2017).

Perfil batimétrico del área de estudio

Como se observa en la **Figura 16**, la transecta T1 exhibe un brusco aumento en la declividad, mientras que en las transectas T2, T3 y T4, la pendiente disminuyó progresivamente, caracterizando un relieve más suave.

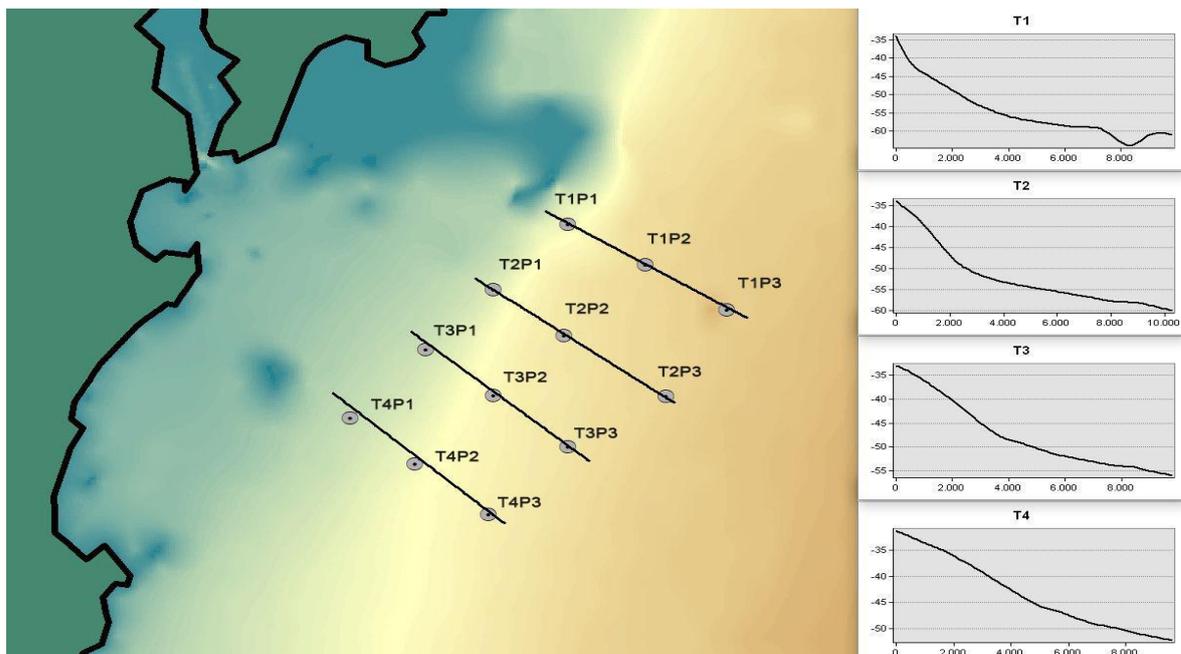


Figura 16. Perfil batimétrico del área de estudio por transecta (T1, T2, T3, T4).

Zonas geomorfológicas

A partir de la caracterización del relieve del fondo marino, aplicando la técnica del Modelo Béntico de Terreno (BTM, *Benthic Terrain Modeler*), se generaron Índices de Posición Batimétrica (BPI, *Benthic Position Indexes*), que resultaron del análisis de vecindario, en el cual un algoritmo matemático analiza la posición relativa de un cierto pixel en relación a la media de sus vecinos, clasificándose como positivo, negativo o neutro. El valor que representó mejor la combinación entre la batimetría local y la dimensión del pixel utilizado en la interpolación de las Cartas Náuticas, fue 35 (calculado a partir de la disertación de maestría en desarrollo de Faynna Arendartchuk). Este valor definió el límite entre las zonas, distinguiéndolas entre bancos, depresiones y planicies. Los bancos estuvieron asociados a valores > 35 ; las depresiones fueron consideradas como tal en aquellas zonas < -35 y se mostraron más relevantes en la isobata los 50 m, en la cual formaron una línea extendiéndose probablemente N-S; y, por último, las planicies, que caracterizaron el área, presentaron valores entre 35 y -35, con una pendiente menor a 5. La espacialización de estos resultados se resume en la **Figura 17**.

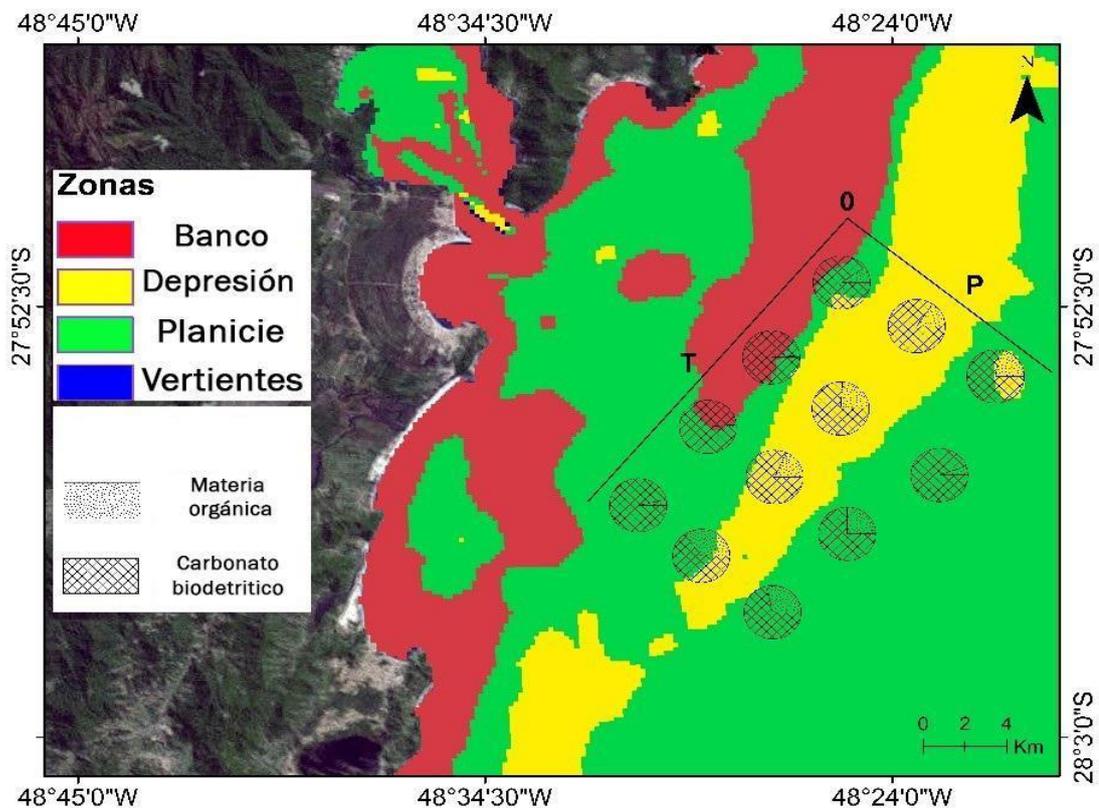


Figura 17. Geformas identificadas en la región de estudio. Los doce círculos se corresponden con las estaciones de colecta; en ellos se distingue la proporción de materia orgánica y carbonato biodetrítico. Se observan planicies, depresiones y bancos. Mapa adaptado de Faynna Arendartchuk (tesis de maestría en desarrollo).

5.2 - Resultados biológicos

Composición y abundancia relativa de la comunidad de foraminíferos bentónicos

El 94,7% de los foraminíferos analizados presentó caparazones hialinos, el 2,9% caparazones aglutinantes y 2,4% caparazones porcelanáceos (Figura 18).

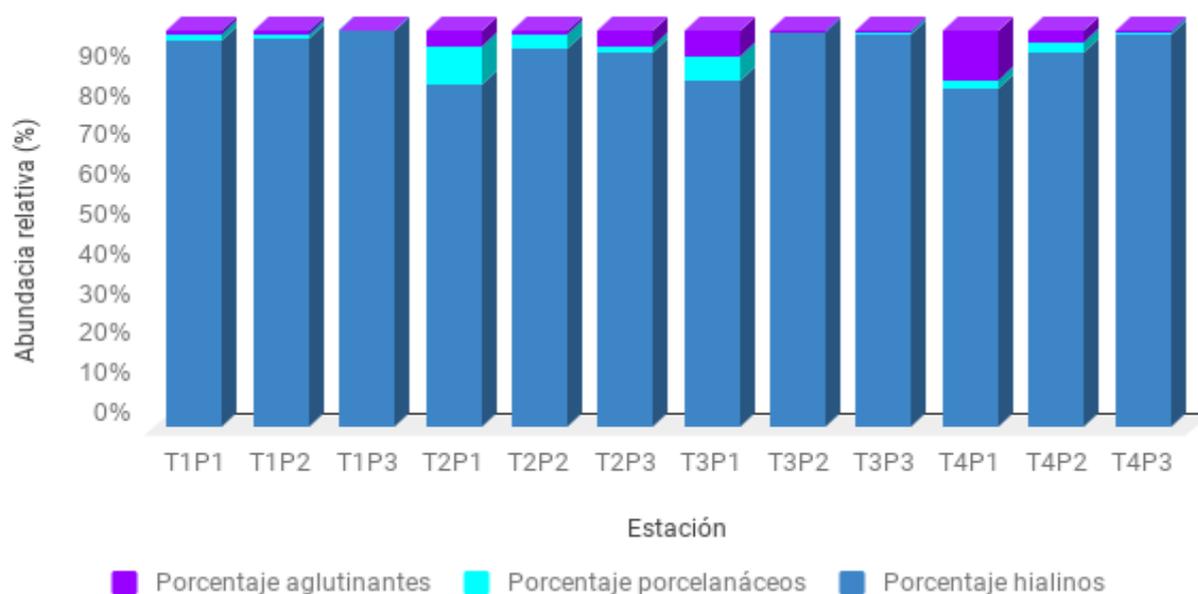


Figura 18. Variación en la composición de la pared de los foraminíferos bentónicos en todas las estaciones.

Se identificaron 5 órdenes, 26 familias y 45 géneros de foraminíferos bentónicos (ver **Anexo, Tabla A**). A nivel de especie, se identificaron 92 especies, entre las cuales se destacan aquellas cuya abundancia relativa superó el 5%, como: *Bolivina* sp. 1 (9,4%), *Buliminella elegantissima* (9,3%), *Bulimina marginata* (8,0%), *Globocassidulina crassa* (7,1%), *Uvigerina peregrina* (6,8%), *Globocassidulina subglobosa* (6,7%), *Ammonia tepida* (6,3%) y *Criboelphidium poeyanum* (6,2%), todas con paredes hialinas.

Los caparazones hialinos estuvieron representados por individuos de los órdenes Rotaliida y Lageniida. El orden Rotaliida agrupó a los foraminíferos bentónicos dominantes en la totalidad de la muestra (96,6%) y estuvo constituido por 8 superfamilias, 16 familias y 26 géneros. Entre dichos *taxa* se destacan los géneros: *Bulimina* (25,3%); *Globocassidulina* (13,5%); *Bolivina* (10,2%); *Buliminella*, (9,1%); *Uvigerina* (6,6%); *Criboelphidium* (6,1%) y *Ammonia* (5,7%). Por su parte, la familia *Nonionidae* totalizó el 7,7% de los organismos bentónicos analizados, representada por los géneros *Astrononion*; *Nonionella*; *Nonionellina*; *Nonionoides* y *Pseudononion*.

El grupo **BB** reunió a los especímenes dominantes en toda la muestra, considerando la abundancia relativa de las siguientes familias y especies respectivas: a) familia Bolivitinidae: *Bolivinitina translucens*; b) familia Buliminellidae: *Buliminella elegantissima*; Bolivinitidae: *Bolivina* sp.1, *Bolivina* sp.2, *Fursenkoina complanata*, *Fursenkoina pontoni*; c) familia Buliminidae: *Bulimina acuelata*, *Bulimina elongata*, *Bulimina gibba*, *Bulimina marginata*, *Bulimina patagonica*, *Bulimina pseudoaffinis*, *Protoglobobulimina pupoides*) y d) familia Stainforthiidae: *Hopkinsina pacifica*. La representación de la abundancia relativa de dicho grupo osciló entre 28,4% (T1P2) y 55,3% (T3P2). No se registró un claro patrón de distribución. No obstante, parece existir una tendencia a ocupar áreas más profundas (≥ 45 m), así como también se observó que, cuatro de las cinco estaciones con mayor abundancia relativa de este grupo, ocurrieron dentro o próximas a las áreas clasificadas como depresiones (**Figura 19**).

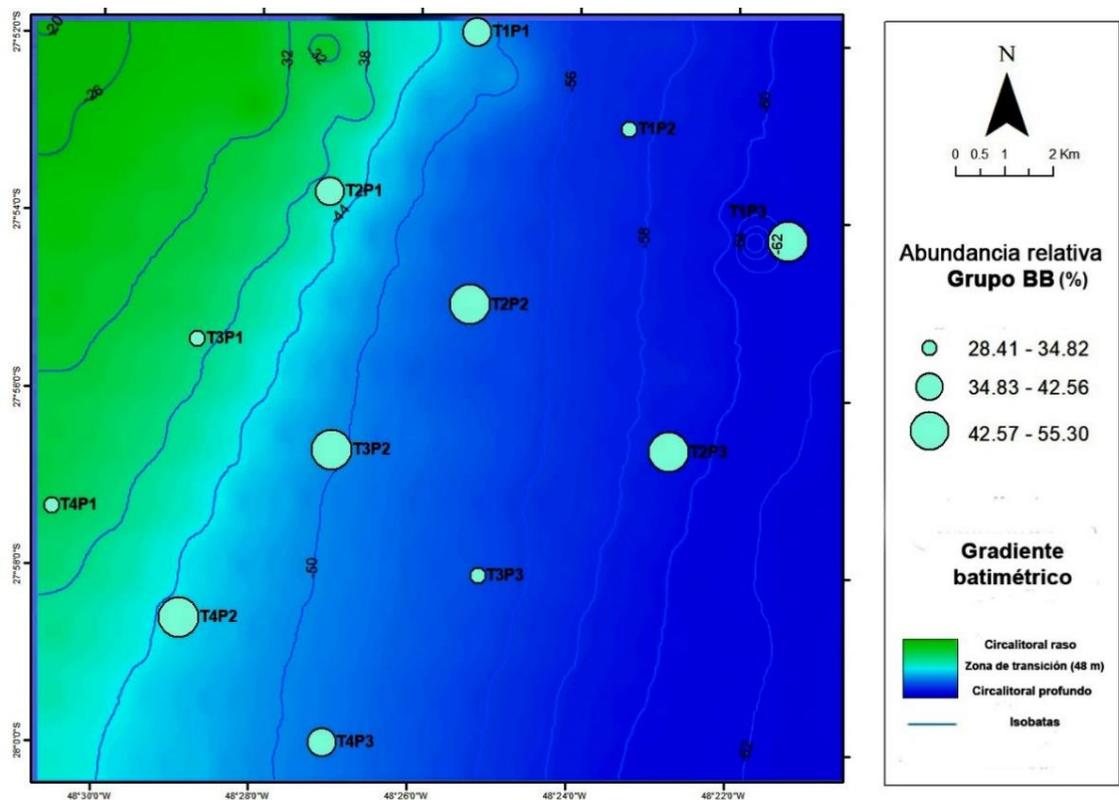


Figura 19. Distribución espacial de la abundancia relativa del grupo BB.

El conjunto **AEN** agrupó las siguientes familias y especies: a) familia Ammoniididae: *Ammonia tepida*; b) familia Elphidiidae: *Cibroelphidium poeyanum* y c) familia Nonionidae: *Nonionella auris*, *Nonionellina labradorica*, *Nonionoides grateloupii*, *Nonionellina opima*, *Nonionella turgida* y *Pseudononion japonicum*. Como puede verse en la **Figura 20**, la abundancia relativa del grupo **AEN** varió entre 7,7% (T1P3) y 35,1% (T3P1). Se registraron

valores más bajos en las estaciones más profundas (P3), a excepción de la transecta T2, en la cual el punto T2P2 presentó un leve aumento con respecto a T2P3 (20,2%; 19,3%, respectivamente). Las mayores concentraciones de especímenes de esta asociación están vinculados a las áreas clasificadas entre bancos y planicies.

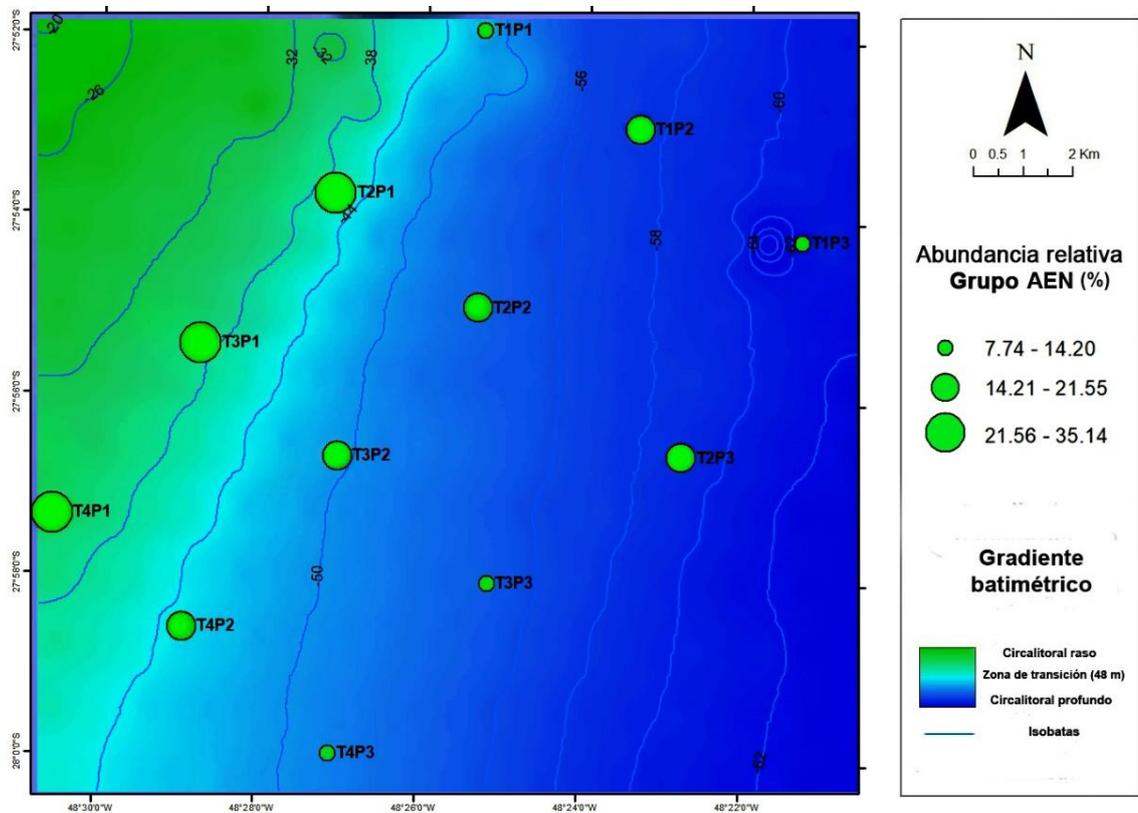


Figura 20. Distribución espacial de la abundancia relativa del grupo AEN.

El grupo **UT** incluye los datos referentes a la abundancia relativa de la familia Uvigerinidae, representada por las especies *Uvigerina peregrina* y *Trifarina angulosa*. Dicho grupo se compuso de esta forma con el objetivo de evitar subestimar la abundancia del género *Uvigerina*, ya que los especímenes clasificados como *Trifarina* presentan semejanzas morfológicas relevantes. Conforme se observa en la **Figura 21**, la abundancia del grupo varió entre el 0% (T2P3) y 17,9% (T1P2), encontrándose en baja proporción (0-4,55%) en las estaciones más someras de la región muestreada, como lo son T2P1 (40 m), T3P1 (37 m) y T4P1 (35 m) y puntualmente en T2P3 (58 m). De las cuatro estaciones con valores superiores al 10%, tres estuvieron localizadas en áreas de depresión.

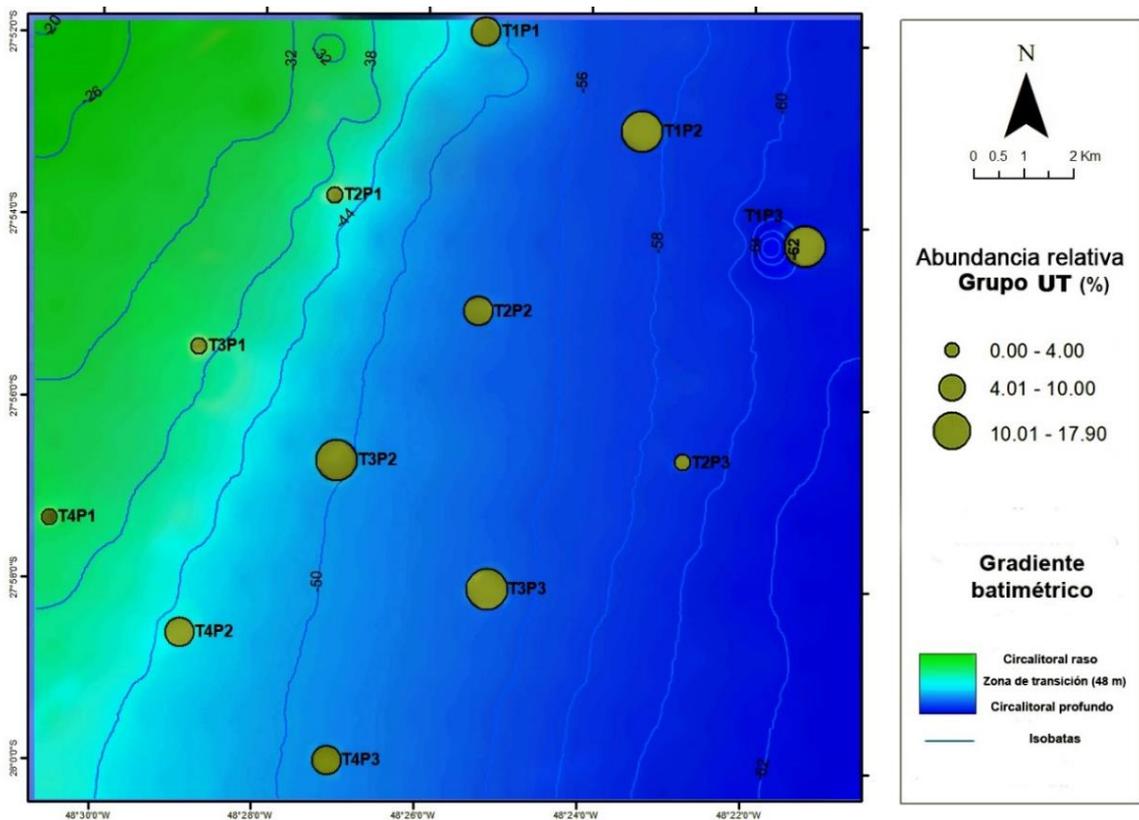


Figura 21. Distribución espacial de la abundancia relativa del grupo UT.

Los foraminíferos porcelanáceos se correspondieron con el orden Miliolida y su abundancia relativa osciló entre 0% (T1P3) y 9,5% (T2P1), destacándose los géneros *Pyrgo* (1,2%) y *Quinqueloculina* (0,5%). Como se observa en la **Figura 22**, el grupo respondió al gradiente batimétrico, de forma que los valores más altos (9,5-1,91%) se observaron principalmente en las estaciones más someras, dentro o próximas a las áreas clasificadas como bancos; mientras que en los puntos P3, localizados en la isobata de 50 m, se registraron valores de ocurrencia siempre mínimos (0,39-1,42%), a excepción de la transecta T2, en la cual la abundancia relativa del punto P2 fue levemente más baja (0,34%) que la P3 (0,39%).

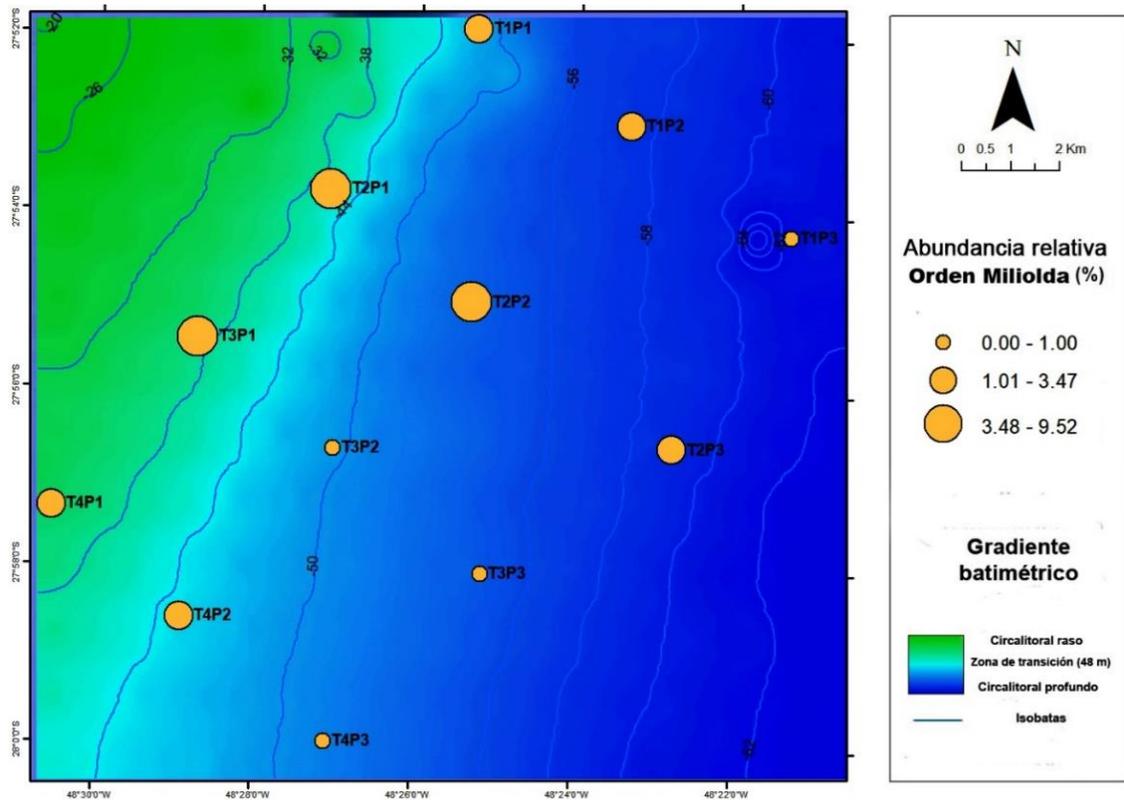


Figura 22. Distribución espacial de la abundancia relativa del grupo de foraminíferos porcelanáceos.

Por último, la distribución de los foraminíferos aglutinantes, mostró una clara relación negativa con la batimetría, estando ausentes en los puntos más profundos (T1P3, 0%) o con valores mínimos (0,3-0,9%). En este grupo fueron identificados tres órdenes: Textulariida, Astrorhizida y Lituolida. Los *taxa* más relevantes de estos órdenes fueron la especie *Textularia cf. foliacea* y el género *Lagenammina*. En lo que se refiere a la distribución de *Textularia cf. foliacea*, la misma se encontró ocupando preferentemente la transecta menos profunda (P1), registrando su máximo valor de ocurrencia en la estación T4P1, en la cual alcanzó el 12,3% (**Figura 23**). En contraste, la abundancia del género *Lagenammina* varió entre 0-5% (T4P3), presentando valores nulos o mínimos en las estaciones de colecta P1.

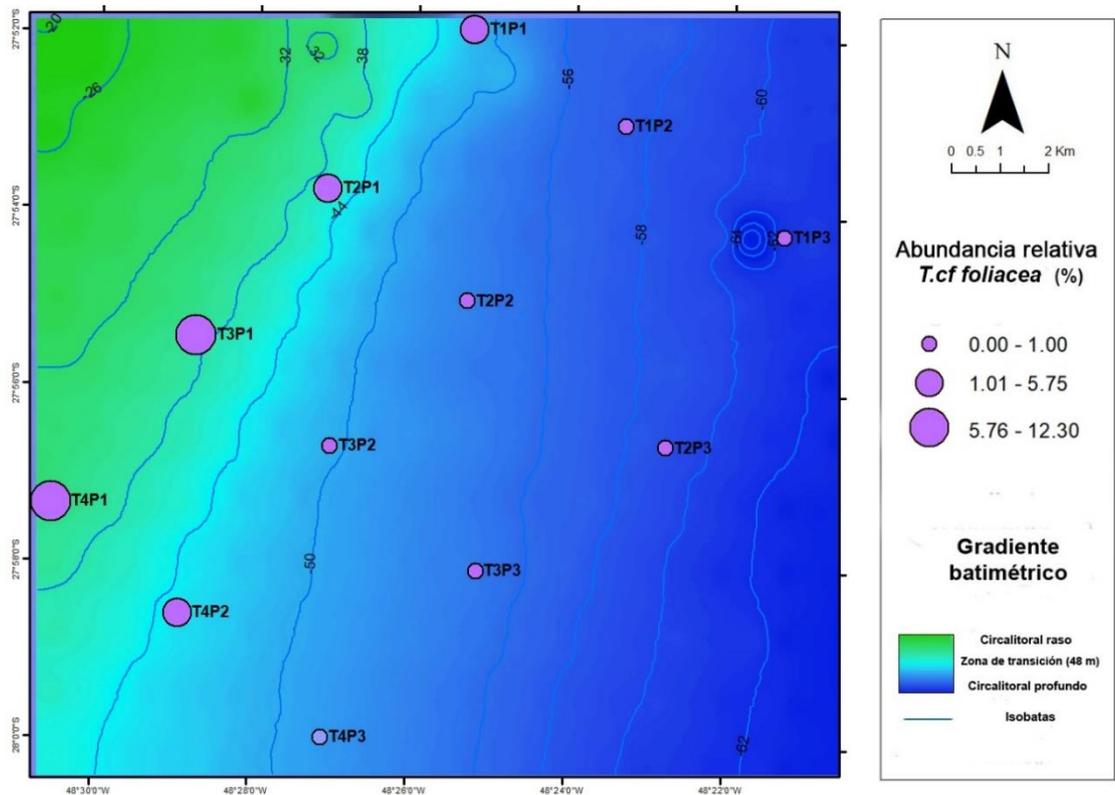


Figura 23. Distribución espacial de la abundancia relativa de la especie *Textularia cf. foliacea*.

Riqueza y poblaciones vivas

Como se observa en la **Figura 24**, la riqueza (S) absoluta de la asociación total (foraminíferos vivos + foraminíferos muertos) de los *taxa* bentónicos, varió entre 26 especies (T3P2) y 41 especies (T1P2) en cada estación de colecta, con mayores valores concentrándose en las isobatas de 50 - 58 m.

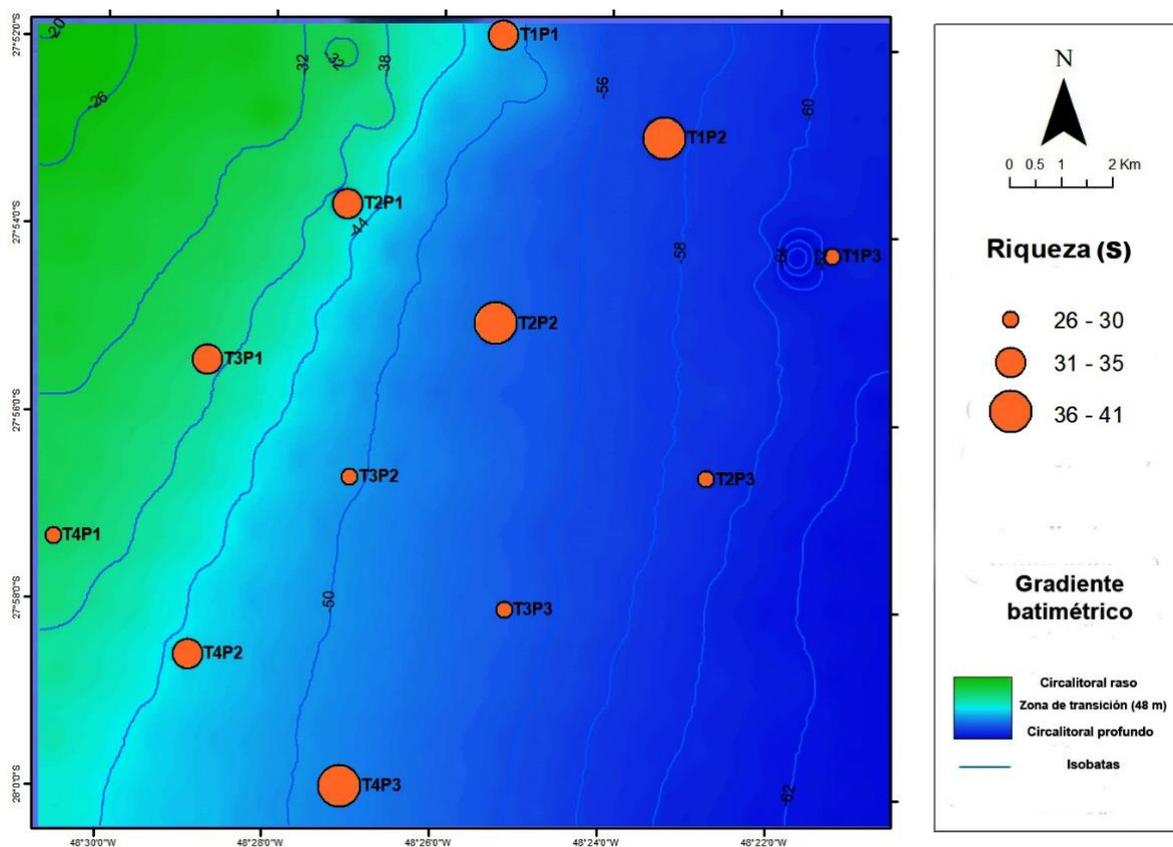


Figura 24. Variación de la riqueza (número de especies) por estación.

No obstante, en lo que refiere a la riqueza de la asociación de foraminíferos vivos, ésta varió entre 0 y 7 especies por estación (**Figura 25**).

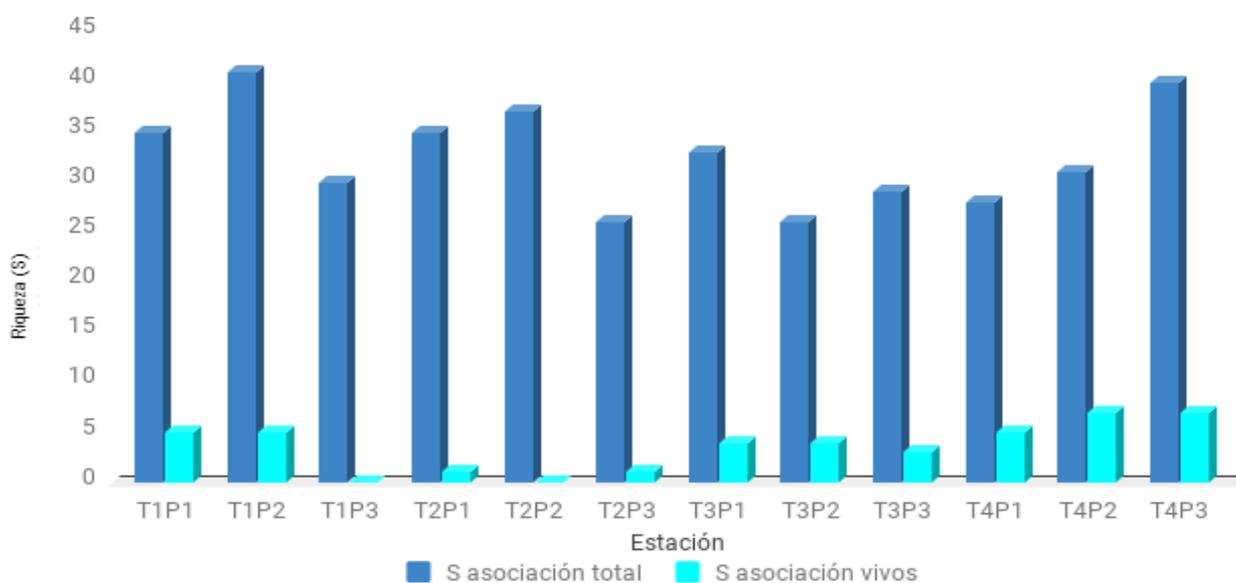


Figura 25. Comparación entre la riqueza de la asociación total y la asociación de foraminíferos vivos.

De manera general, se observaron especímenes vivos (con más de dos cámaras teñidas con Rosa de Bengala) en diez de las doce estaciones, encontrándose ausentes en

T1P3 y T2P2. Como puede verse en la **Figura 26**, hacia el sur del área de estudio, los valores de abundancia de foraminíferos vivos aumentaron; destacándose el conjunto de estaciones de la transecta T4, cuyos valores variaron entre 4,1 % (T4P1) y 17,7% (T4P2), siendo este último el valor máximo observado.

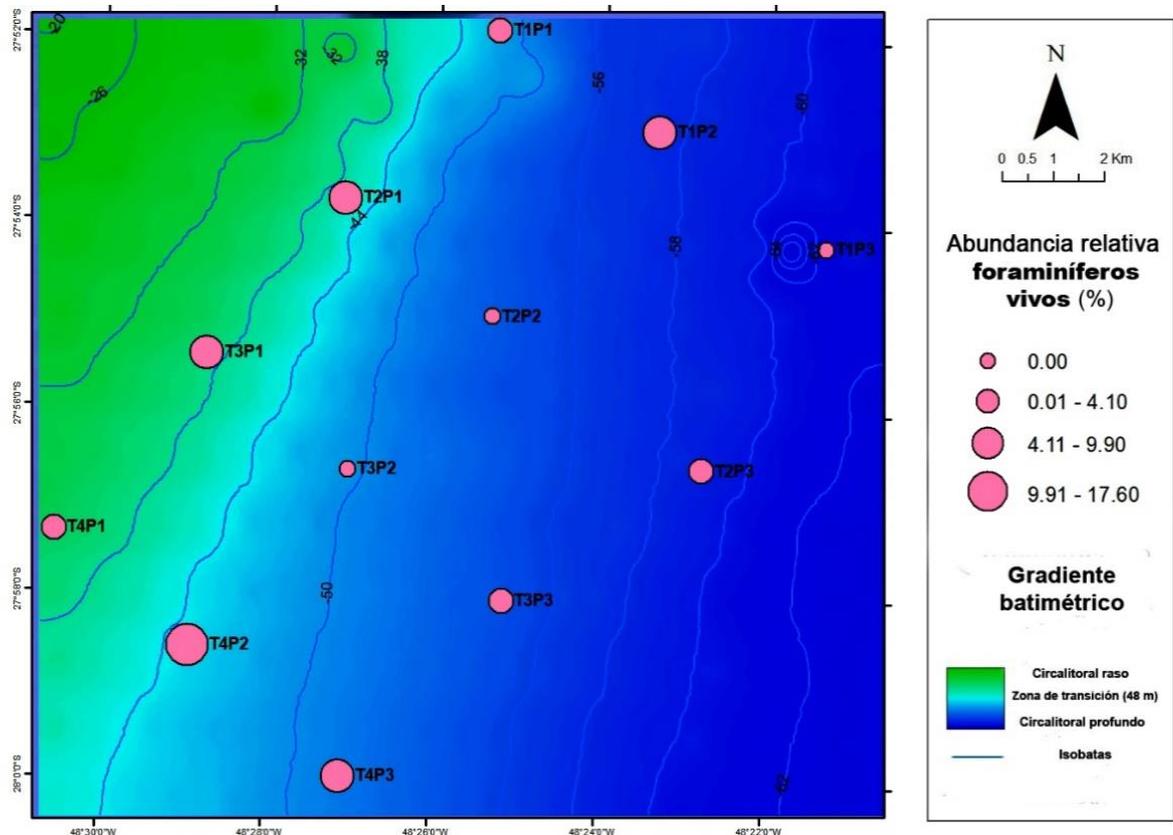


Figura 26. Variación de abundancia relativa de foraminíferos vivos observados en cada estación.

Comparando la distribución de las poblaciones vivas con las características morfológicas del relieve de fondo (presentado en la **Figura 17**), se observó que la mayor cantidad de individuos vivos fue encontrada en áreas clasificadas como bancos (P1) y planicies (estación T4P2). Por otra parte, T1P3, T2P2 y T3P2, tres de las cuatro estaciones caracterizadas como depresiones, no presentaron organismos vivos (**Tabla 3**).

Tabla 3. Distribución de la abundancia relativa de foraminíferos vivos y características morfológicas de la clasificación de fondo (P = planicie; D = depresión; B = banco).

	T1P1	T1P2	T1P3	T2P1	T2P2	T2P3	T3P1	T3P2	T3P3	T4P1	T4P2	T4P3
Zona	P	D	D	B	D	P	B	D	P	P	P	P
Vivos (%)	3,13	5,40	0	7,17	0	1,42	9,90	0	2,53	4,10	17,67	6,25

Hábitos de vida: razón plantónicos: bentónicos

Se analizó un total de 4390 caparazones, constatándose una amplia predominancia de formas bentónicas (97,1%, correspondiente a 4262 testas). La abundancia de foraminíferos bentónicos varió entre el 99, 7% (T3P1) y el 94 % (T3P3) (**Figura 27**).

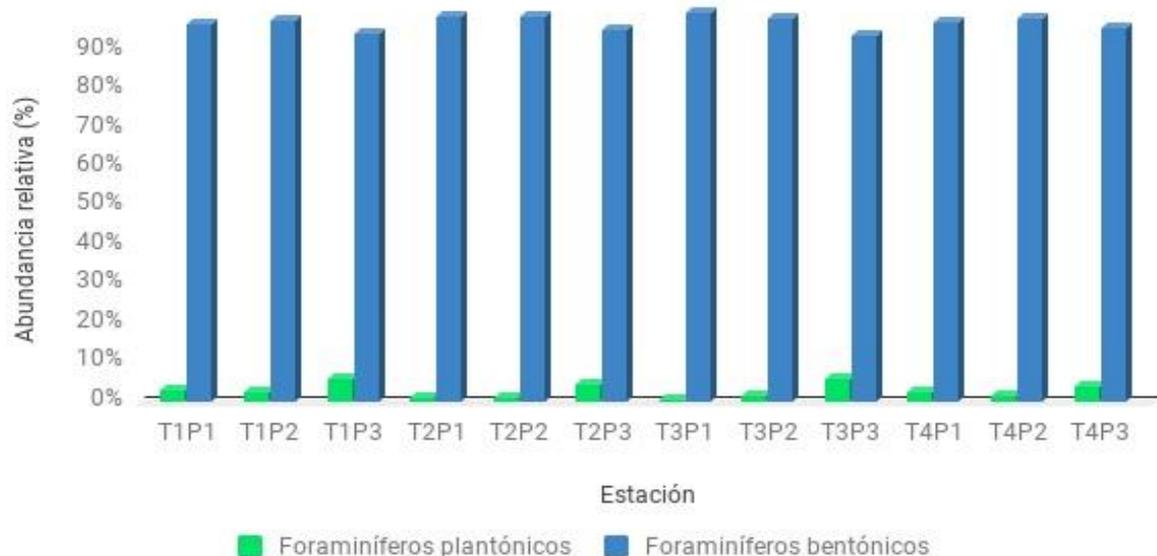


Figura 27. Porcentaje de ocurrencia de foraminíferos bentónicos y planctónicos en cada estación.

Se observó una relación negativa entre el gradiente batimétrico y la abundancia relativa de foraminíferos bentónicos y planctónicos. Mientras que las estaciones de colecta P1 presentaron abundancia máxima de formas bentónicas (97,2 - 99,7%) y valores intermedios fueron observados en P2 (98,9 - 97,3%), el perfil P3, correspondiente a las estaciones más profundas, mostró una disminución de foraminíferos bentónicos (entre 94-95,8%) (**Figura 28**).

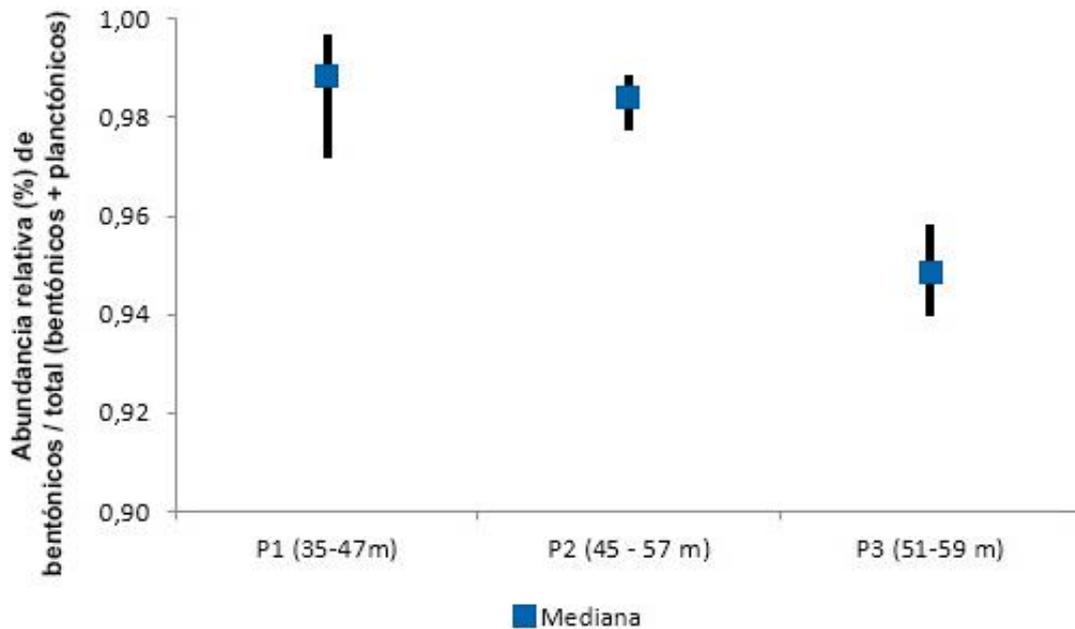


Figura 28. Variación en el porcentaje de ocurrencia de foraminíferos bentónicos por punto de colecta (P1, P2 y P3).

Se reconocieron cuatro especies de foraminíferos planctónicos en el área de estudio: *Globigerina bulloides*, *Globigerinoides ruber*, *Orbulina universa* y juveniles de *Turborotalia quinqueloba*. No se observaron alteraciones relevantes en el estado de preservación de los caparazones de los especímenes antes mencionados.

Preferencias por microhábitats y poblaciones vivas

Los *taxa* de foraminíferos hialinos vivos más abundantes en los testigos cortos analizados fueron *Ammonia*, *Bolivia*, *Bulimina*, *Globocassidulina*, *Nonionidae* y *Uvigerina* (**Figura 26**). Dentro de los *taxa* que ocuparon las capas más superficiales de la columna de sedimentaria (primeros 2 cm superficiales), se destacó el género *Ammonia*. Éste, si bien se encuentra vivo en la mayor parte de las secciones del testigo, presentó mayor abundancia en los primeros centímetros, y, por lo tanto, fue clasificado como infauna somera. En el caso del género *Bulimina*, se observó una abundancia máxima entre los 2 - 3 cm de profundidad y un marcado descenso en la ocurrencia de especímenes vivos en profundidades mayores a 4 cm, por lo que fue clasificado como infauna intermedia. En este grupo también se incluyeron los foraminíferos pertenecientes al género *Globocassidulina*, los cuales mostraron altos valores de abundancia hasta los 3- 4 cm, registrándose el valor máximo en el intervalo 1-2 cm. Los géneros *Bolivina* y *Nonion* fueron clasificados como infauna profunda, ambos presentando distribución máxima en el intervalo 6-7 cm. Aunque

las especies pertenecientes al género *Uvigerina* presentaron su mayor densidad en la superficie, se encontraron vivas a lo largo de toda la columna de sedimento, por lo que también fueron clasificadas como infauna profunda.

El diagrama de la **Figura 29** fue construido en base a estos resultados, con el objetivo de sintetizar y representar a escala las variaciones verticales observadas a lo largo de la columna sedimentaria.

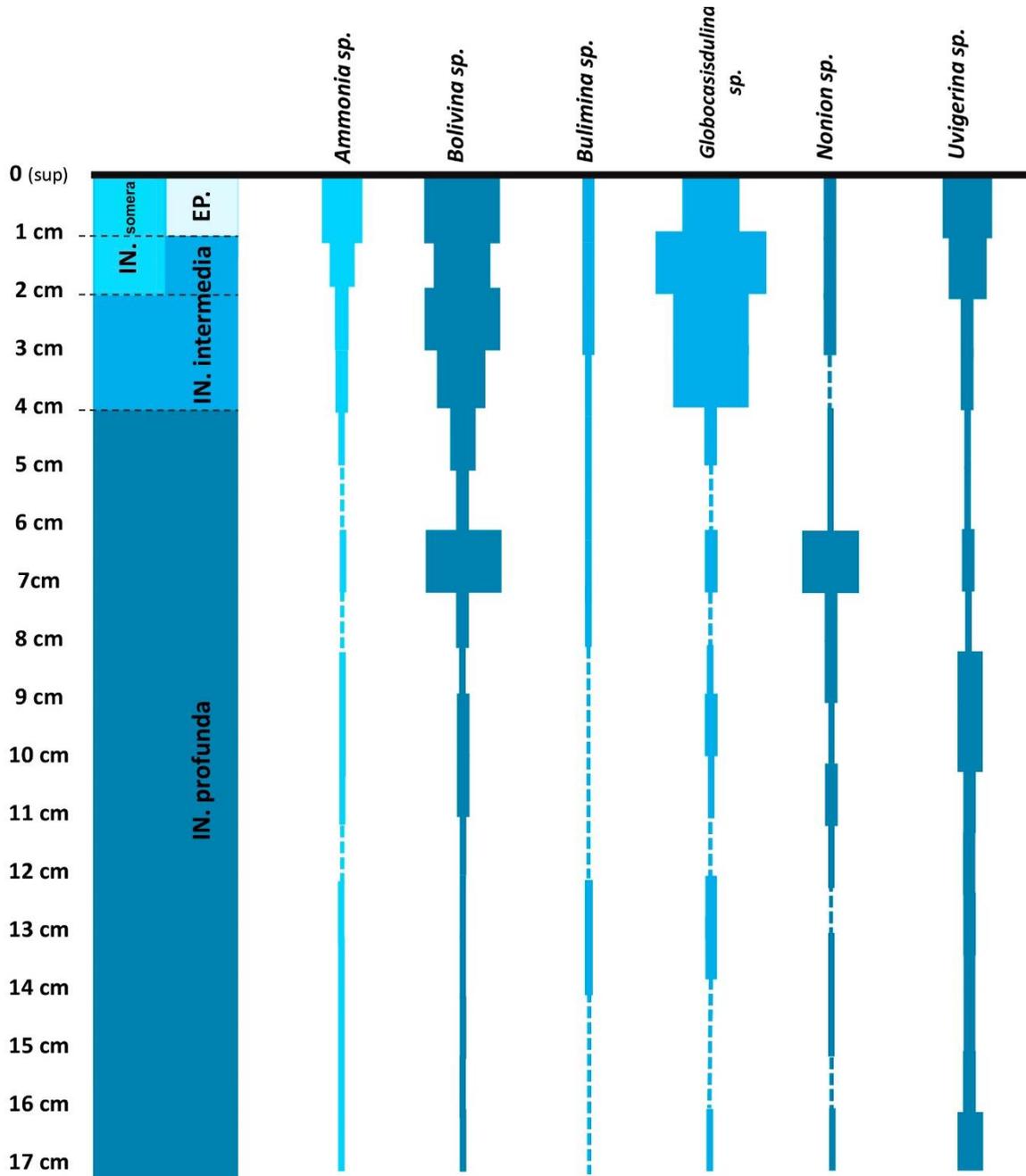


Figura 29. Preferencias en relación a los microhábitats de los grupos más relevantes de foraminíferos bentónicos vivos encontrados en el testigo corto de sedimento de la transecta T2. Obs.: la abreviación “IN” se refiere a infauna y “EP” a epifauna.

Finalmente, estas taxa fueron reunidos en dos grupos: infauna somera e intermedia, formado por *Ammonia spp.*, *Bulimina spp.* y *Globocassidulina spp.*; e infauna profunda,

agrupando *Bolivina* spp., *Uvigerina* spp. y a la familia Nonionidae. La distribución espacial de la abundancia relativa de estos dos grupos en las estaciones de colecta de sedimentos superficiales, está representada en las **Figuras 30 y 31**.

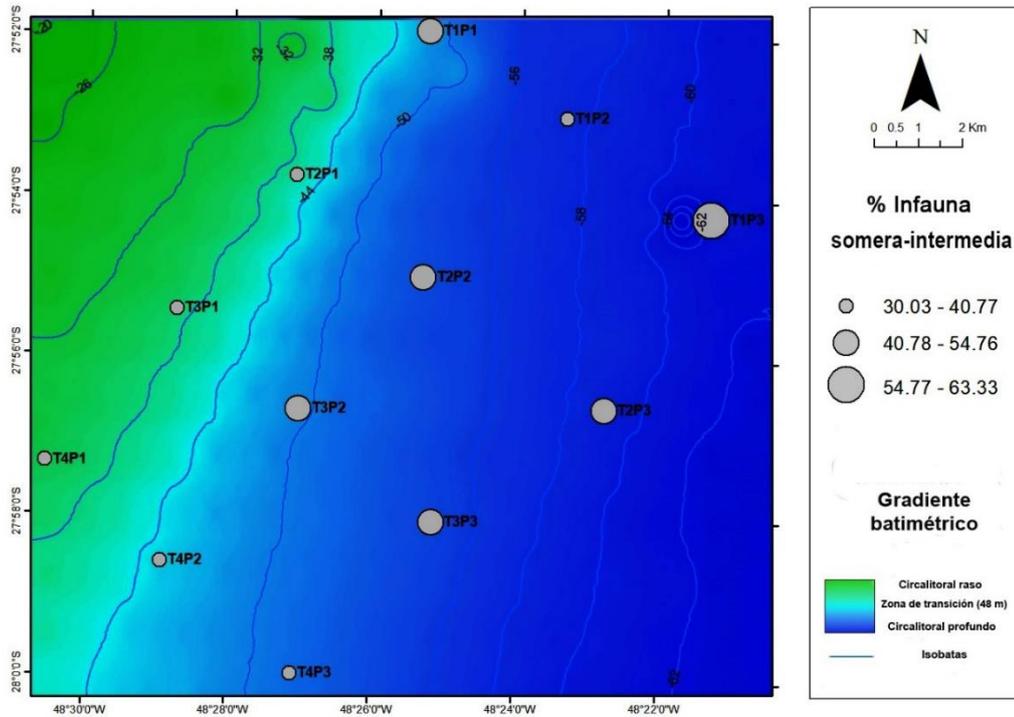


Figura 30. Variación del porcentaje de infauna somera e intermedia en cada estación.

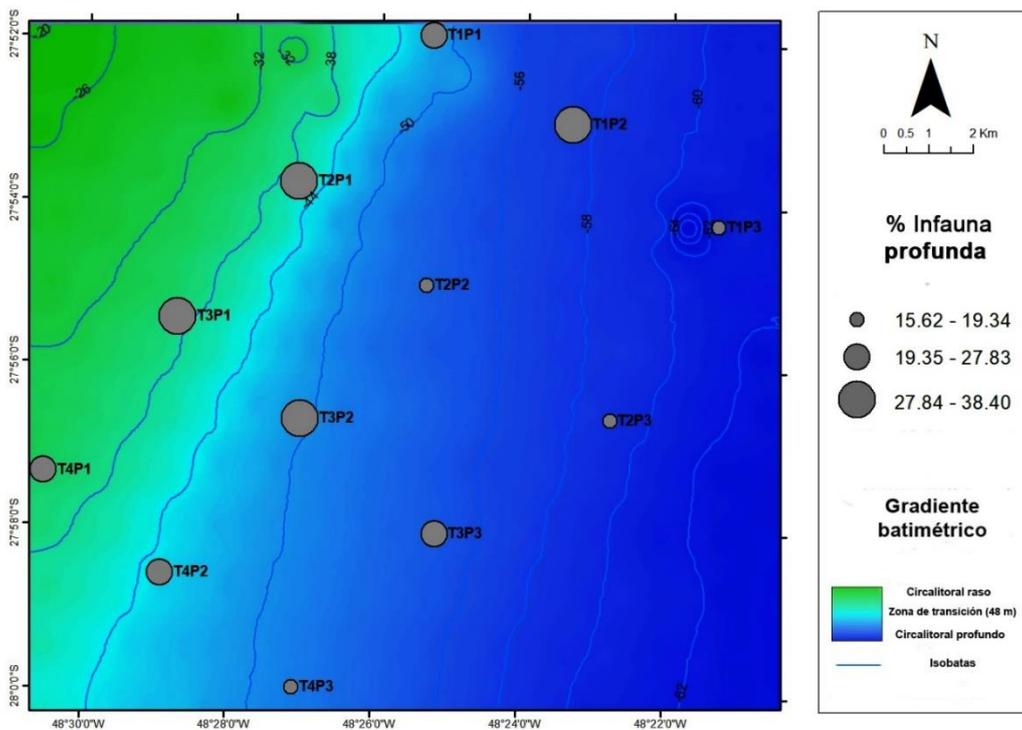


Figura 31. Variación del porcentaje de infauna profunda en cada estación.

Se constató un predominio de individuos con hábitos de vida clasificados como infauna somera e intermedia, cuya abundancia relativa varió entre 30% (T3P1, 37 m) - 63,3% (T1P3, 59 m), concentrándose preferencialmente en las estaciones localizadas en profundidades superiores a 40 m y con sedimentos más finos. En este sentido, los puntos de colecta P3 (51 - 59 m) exhibieron los porcentajes más altos, superando el 40,8% en todos los casos. Por su parte, el porcentaje de foraminíferos de hábitos de vida infaunales profundos osciló entre 15,6 % (T2P3, 58 m) - 38,4% (T2P1, 40 m) y se observó una tendencia general a ocupar isobatas menores a 50 m y sedimentos más arenosos.

Alteraciones en el estado de preservación del caparazón

Como puede observarse en la **Figura 32**, las alteraciones en el estado de preservación del caparazón ocurrieron en baja proporción en la totalidad de la muestra, afectando al 1,6% (70 caparazones) de los organismos, en el caso de aquellas causadas por procesos tafonómicos y al 1,1% (49 caparazones) en lo que respecta a una pérdida $\geq 30\%$ de la integridad de la estructura del caparazón.

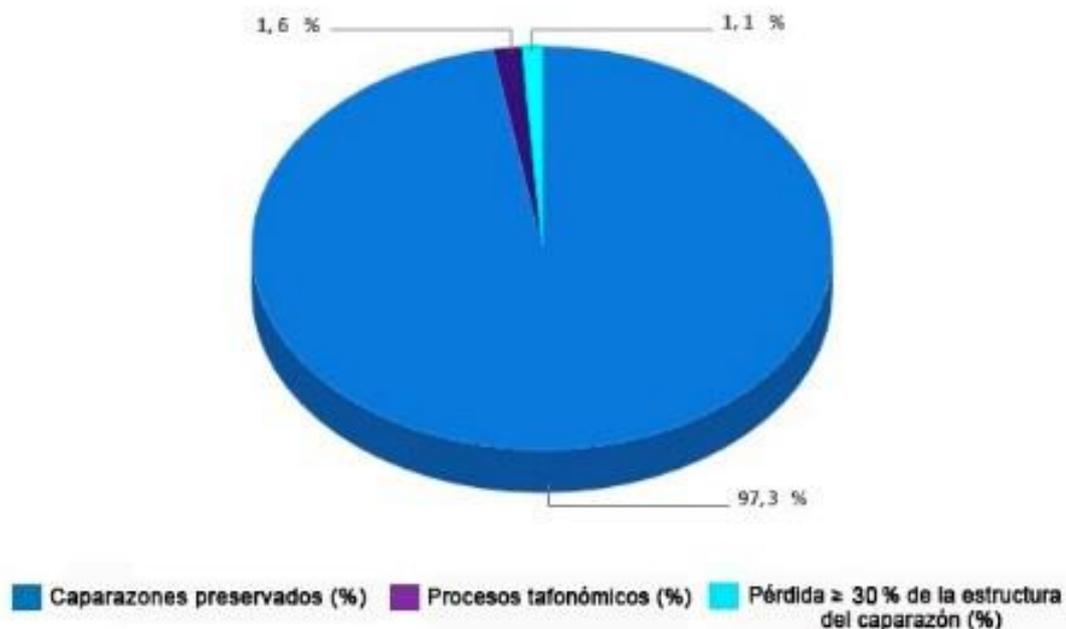


Figura 32. Alteraciones en el estado de preservación del caparazón en el total de la muestra.

En cada estación, la evidencia de procesos tafonómicos varió entre el 0,3% (T4P1) y 2,8 % (T2P2), observándose fundamentalmente “piritización” en individuos de los géneros *Bulimina*, *Criboelphidium* y *Globocassidulina*. Por su parte, la presencia de especímenes con 30% o más del caparazón quebrado osciló entre el 0% (T2P3) y el 3,5% (T3P1), siendo

Ammonia., *Bolivina.*, *Fursenkoina.* y *Nonionidae.*, los géneros principalmente afectados (Figura 33).

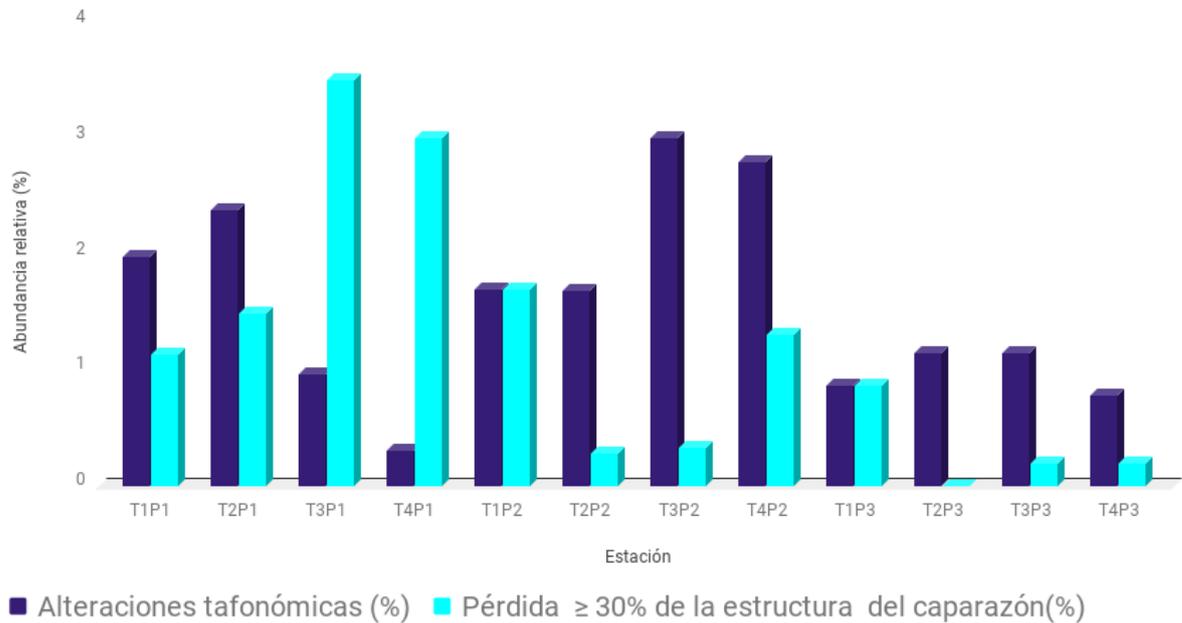


Figura 33. Porcentaje de alteraciones en el estado de preservación de los caparazones por estación. El porcentaje de caparazones con señales de procesos tafonómicos fue máximo en T3P2 (50 m), en donde alcanzó el 3% y mínimo en T4P1 (35 m), donde representó apenas el 0,3% de la muestra. Como puede verse en la **Figura 34**, la correlación de estos datos con el gradiente batimétrico no mostró dependencia entre estas variables; lo cual fue corroborado con el valor de coeficiente de correlación de Spearman igual a -0.07.

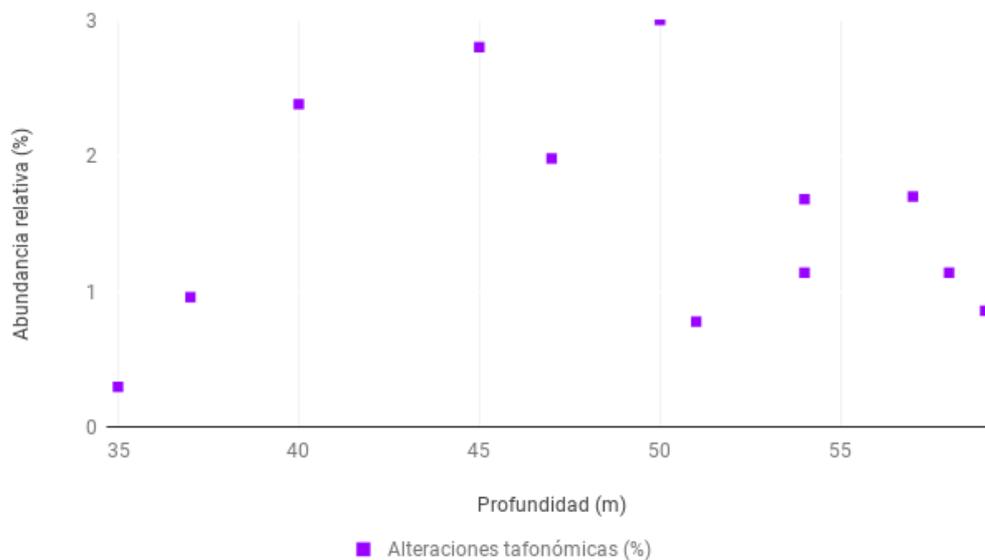


Figura 34. Variación del porcentaje de alteraciones tafonómicas en función de la profundidad (m).

Por su parte, la distribución de las testas quebradas respondió al gradiente de profundidad, de forma que las estaciones más someras, T3P1 (37 m) y T4P1 (35 m), fueron las más afectadas, con el 3,6% y el 3,1%, respectivamente. Asimismo, en las estaciones localizadas a más de 47 m de profundidad, las testas dañadas no superaron el 1%, a excepción de T1P2 (57 m), donde totalizaron el 1,7 % de la muestra (**Figura 35**).

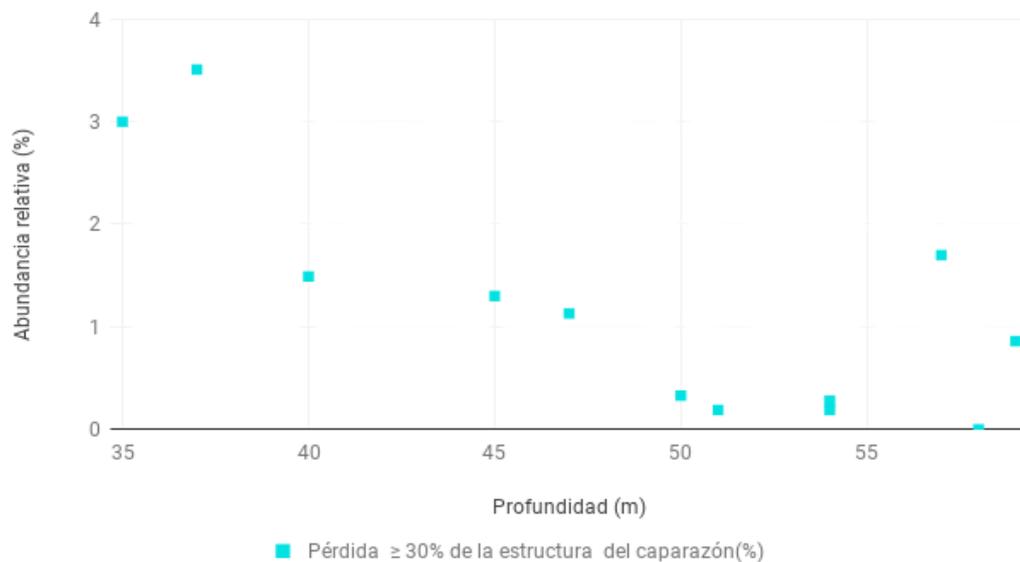


Figura 35. Variación del porcentaje de caparazones de foraminíferos bentónicos quebrados ($\geq 30\%$) en función de la profundidad (m).

Apoyando estas evidencias, el coeficiente de correlación de Spearman resultante de la correlación de los datos batimétricos y del porcentaje de caparazones dañados, indica una relación negativa ($r_s = -0,65$) entre dichas variables, de forma que a medida que se incrementa la profundidad, la estructura de los caparazones tiende a encontrarse más preservada.

5.3 - Integración estadística de los datos biosedimentológicos

Las relaciones de dependencia entre las variables abióticas y bióticas reconocidas por el coeficiente de correlación de Spearman (ρ) se resumieron en la **Tabla 4**.

Tabla 4. Correlaciones de Spearman significativas ($p < 0,05$) entre los factores bióticos y abióticos de la muestra.

	Porceláneos	Aglutinantes	ACN	UT	<i>G. crassa</i>	<i>G. subglobosa</i>	<i>Lagena</i> spp.	<i>Lagenammia</i> sp.	<i>T. foliacea</i>	Prof.	Declividad	Diámetro medio	% Carbonato	% MOT
Porceláneos		0,72	0,75	-0,73	x	x	x	x	0,7		x	x	0,64	x
Aglutinantes	0,72		0,8	-0,8	x	x	x	x	0,77	-0,62	x	-0,85	x	x
ACN	0,75	0,8		-0,71	x	-0,75	-0,67	x	0,8	-0,72	x	-0,83	x	x
UT	-0,73	-0,8	-0,71		x	x	0,7	x	x	x	x	0,76	x	x
<i>G. crassa</i>	x	x	x	x		0,97	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>G. subglobosa</i>	x	x	-0,75	x	0,83		0,64	x	x	x	x	x	x	x
<i>Lagena</i> spp.	x	x	-0,67	0,7	x	0,64		0,61	x	x	x	0,74	x	x
<i>Lagenammia</i> sp.	x	x	x	x	x	x	0,61		-0,62	0,65	-0,76	x	-0,8	x
<i>T. foliacea</i>	0,7	0,77	0,8	x	x	x	x	-0,62		-0,88	x	-0,76	0,73	x
Prof.	x	-0,62	-0,72	x	x	x	x	0,65	-0,88		x	0,61	-0,79	x
Declividad	x	x	x	x	x	x	x	-0,76	x	x		x	0,78	x
Diámetro medio	-0,66	x	x	x	x	x	0,74	x	-0,76	0,61	x		x	0,69
% Carbonato	0,64	x	x	x	x	x	x	-0,8	0,73	-0,79	0,78	x		x
% MOT	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0,69	x	

La profundidad, el diámetro medio y el % de carbonato fueron los factores abióticos que mostraron más correlación con los datos biológicos. Las correlaciones positivas más importantes se observaron entre el % de carbonato y la declividad ($r=0,78$) y entre la distribución de la asociación UT y el diámetro medio ($r=0,76$). Entre las correlaciones negativas, se destaca la observada entre la profundidad y la abundancia de *T.cf.foliacea* ($r=-0,88$) y entre el diámetros medio y la abundancia relativa de foraminíferos aglutinantes ($r=-0,85$).

Como puede observarse en la **Figura 36** que ilustra el resultado del análisis nMDS, el sector más somero del área de estudio, comprendido entre 35 - 40 m, correspondiente a tres estaciones P1, T2P1, T3P1 y T4P1, presentó relaciones biosedimentológicas únicas, resultando en el aislamiento del vector. Estas estaciones se individualizaron en función de las mayores concentraciones de arena, carbonato y la distribución de la asociación BB. Por otra parte, la estación T1P1 (47 m) y el resto de las estaciones P2 y P3, localizadas entre las isobatas 45 - 59 m, mostraron características similares, por lo que sus vectores se encuentran más próximos entre sí. Las estaciones T1P2 y T3P3 fueron las que tuvieron mayor participación de la asociación UT.

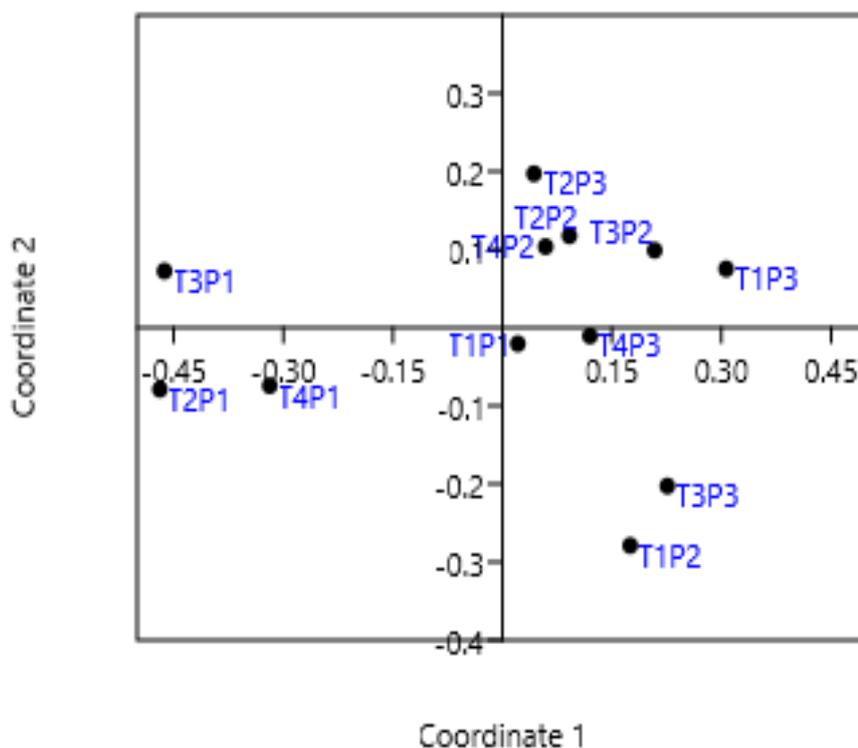


Figura 36. Análisis de escalamiento multidimensional (MDS) utilizando Distancia Euclidiana como índice de asociación para la matriz Modo Q.

6. DISCUSIÓN

Paleolínea de costa e hidrodinámica en el área de estudio

El gradiente en el tamaño medio de la clase dominante de sedimento, la alta concentración de carbonato y en especial, los grandes fragmentos de mejillones, berberechos y ostras encontrados en la zona más someras del área de estudio (estaciones P1, 35 - 47 m), sugieren la presencia de una posible paleo-costa (antigua línea de estabilización del nivel del mar). Esto concuerda con lo observado por Corrêa (1996) en la plataforma continental de Rio Grande do Sul (PCS) en profundidades semejantes (32 - 45 m), en las cuales se describen estructuras morfosedimentarias correspondientes a paleo-terrazas submarinas, con una edad estimada entre 11,000 – 6,500 años BP, resultantes de fases de estabilización del mar, durante la transgresión del Holoceno. Asimismo, Cooper *et al.* (2016) también confirma la presencia de paleo-costas holocénicas para la Bahía de Tijucas, a unos 70 km del área de estudio, en las inmediaciones de la PCSE.

El modelo evolutivo actual para el margen continental del sur-sureste brasileño asegura que las peculiaridades fisiográficas observadas en el mismo responden

únicamente a episodios transgresivos y regresivos, posteriores al Último Máximo Glacial (UMG) (Suguio, 2003). Durante este proceso, la línea de costa se alejó progresivamente del borde externo de la plataforma continental, causando la deposición de sedimentos finos (previamente transportados por antiguos sistemas de drenaje de ríos) en la PCM y en la PCE, cubriendo las arenas transgresivas. De acuerdo con Corrêa (1996), caracterizando estas fases de acumulación durante la transgresión, se observan arenas gruesas y grava biodetrítica en los sedimentos de las profundidades antes citadas (32-45 m) (Corrêa, 10996). En este sentido, de acuerdo con Suguio (2003), la presencia de moluscos costeros en sedimentos próximos al nivel del mar actual, también puede ser considerada como un indicador biológico de las oscilaciones eustáticas. La superficie de la plataforma continental actual está constituida por facies sedimentarias en equilibrio con mecanismos dinámicos de transporte y deposición, que vienen actuando desde el inicio del Holoceno, remodelando estructuras pleistocénicas (Abreu & Neto, 1998; Horn Filho, 2003; Suguio, 2003; Martins *et al.*, 2005; Tessler & Goya, 2005; Abreu, 2010; Cooper *et al.*, 2016).

En lo que respecta a los datos biológicos obtenidos en este sentido para el presente trabajo, no se encontró una relación inversa entre los caparazones con señales de procesos tafonómicos y el gradiente batimétrico, de forma que refuerce la evidencia de sedimentos retrabajados presentes en las estaciones P1. El incremento de especímenes “piritizados” en las isobatas P2 (45-57 m) puede estar relacionado con la sustitución de carbonato y arenas gruesas y medias por sedimentos finos (limo muy grueso), con más minerales arcillosos (ricos en hierro absorbido). En este sentido, Duleba (1994) resalta que para que se produzca la precipitación de pirita, no sólo se requiere un ambiente rico en bacterias sulfato-reductoras, sino que también es necesario que minerales detríticos del hierro, sulfato disuelto y materia orgánica, estén presentes en el área en una concentración suficiente. Los caparazones sin alteraciones en su coloración e integridad totalizaron el 97,3% de la muestra, lo cual podría ser consistente con Duleba (1994), si se considera que, en este trabajo desarrollado en la plataforma interna del estado de São Paulo, los caparazones preservados variaron entre el 95-75%, a lo largo de testigos de sedimento de hasta 111 cm. En ambientes marinos poco profundos, la alteración en el color de los caparazones de los foraminíferos, promovida por procesos tafonómicos, se da por el relleno de los mismos o por la sustitución del carbonato de calcio (CaCO_3) por productos de diagénesis primaria, después de su deposición. Esto se explica porque en los primeros centímetros de la columna de sedimento, las condiciones anóxicas o disóxicas favorecen la producción de ácido sulfhídrico (H_2S , como producto del metabolismo de las bacterias sulfato-reductoras intersticiales), el cual reacciona con el hierro (Fe) de los sedimentos,

produciendo sulfuro de hidrógeno II (FeS), impregnando así una coloración negra-iridiscente (Silva & Duleba, 2013). Adicionalmente, este último compuesto puede reaccionar con el oxígeno disuelto en el agua marina, formando disulfuro de hierro II (FeS₂, también conocido como piritita), tornando los caparazones dorados (Berner, 1970; 1984 *apud* Silva & Duleba, 2013). Es esperable entonces que, las partes duras de los especímenes enterrados a lo largo de la columna de sedimento estén sometidos en mayor medida a la acción de procesos diagenéticos, mientras que, en sedimentos superficiales más oxigenados, aún sujetos al potencial efecto de la hidrodinámica local, la evidencia de procesos tafonómicos disminuya.

Por otra parte, la presencia de la especie aglutinante *Textularia cf. foliacea*, la cual se concentró exclusivamente en profundidades ≤ 47 m, con una alta abundancia (hasta un 12% por estación), sí coincidió con la profundidad estimada para la paleo-costa descrita por Corrêa (1996). El bajo número de estaciones de colecta, así como la acotada información regional sobre la historia evolutiva, la distribución y la ecología de dicha especie, no permiten establecer una relación directa entre *T. cf. foliacea* y los sedimentos pretéritos. No obstante, sí es posible afirmar que los puntos P1 presentan propiedades biosedimentológicas únicas, conforme fue corroborado en el análisis de escalamiento multidimensional aplicado, vinculadas a un mayor tamaño medio de la clase de sedimento dominante (mayor % de arena media y gruesa en relación al limo muy grueso que domina en el resto de las estaciones), presencia de sedimentos ricos en carbonato y menor distribución de la asociación BB.

De esta manera, asumiendo la existencia, al menos parcial, de sedimentos pretéritos expuestos en la superficie de la plataforma entre 35 - 47 m; se considera que la presencia de los mismos podría ser promovida por la ausencia de ríos caudalosos que desagüen en el área, que pudieran estar aportando sedimentos finos, capaces de recubrir las arenas transgresoras, así como también por la acción de hidrodinámica local. En este sentido, no puede desestimarse la acción de las olas sobre el sustrato, ya que por encontrarse en la zona circalitoral somera, dichas estaciones están bajo influencia hidrodinámica, dificultando aún más el asentamiento de sedimentos finos. Asimismo, la eventual intensificación de la hidrodinámica local, debido a los fuertes oleajes del cuadrante sur asociados al pasaje de frentes fríos y tempestades, propias del invierno austral, podrían tener una acción potencialmente removilizadora durante esos episodios, contribuyendo a la exposición de arenas gruesas y medias, ricas en carbonato en la superficie de la plataforma.

El efecto de la hidrodinámica local pudo ser observado en la comunidad de foraminíferos bentónicos, la cual respondió exhibiendo variaciones al respecto de la

integridad y composición mineral de sus caparazones. De esta manera, los valores más altos con estructura fragmentadas $\geq 30\%$ fueron observados en las isobatas ≤ 47 m, coincidiendo con el límite sugerido por Mussi (2017), entre el circalitoral somero y el circalitoral profundo, localizado en la isobata de 48 m aproximadamente. La transición de estos dos ambientes también pudo observarse a partir de la asociación de los foraminíferos porcelanáceos, los cuales se concentraron preferencialmente en profundidades < 50 m. Esto es consistente con la biología de la especie, ya que dicho orden se caracteriza por presentar testas de calcita de alto tenor de magnesio, cuya resistencia resulta una óptima adaptación para una hidrodinámica intensa (Armstrong & Brasier, 2005; Murray, 2006) y en particular, algunos de los géneros que integran este grupo, como los son *Quinqueloculina* y *Miliolinella*, han sido reportados en la literatura mostrando una relación positiva con sedimentos arenosos, sugiriendo que su carácter filtrador podría aprovechar el fitobentos y los fitodetritos atrapados en el sedimento (Donnici & Barbero, 2002).

Zonas geomorfológicas y foraminíferos bentónicos

Se observó una tendencia en las asociaciones BB y UT, a ocupar depresiones. En una geomorfología de fondo que configure una depresión, es esperable que se favorezca la acumulación de materia orgánica y de sedimentos de menor granulometría, de forma que los *taxa* que allí habitan deberían ser capaces de enterrarse en el sedimento, tolerando bajas concentraciones de oxígeno y tener preferencia por sedimentos finos. Esto es consistente con lo expresado en Murray (2006), quien describe los géneros y especies contenidos en las asociaciones BB y UT como infaunales, asociados a sedimentos finos y muchos de ellos tolerantes de disoxia (esto será explorado con más detalle en la sección *Comprensión del medio abiótico a partir de las asociaciones ecológicas de foraminíferos bentónicos hialinos*). Por otra parte, en el 75% de las depresiones se registró ausencia de especímenes vivos. Sin embargo, hubo un punto de colecta localizado también en una depresión, T1P2, donde totalizaron un 5,40%.

Asumiendo condiciones tróficas similares para todos los puntos de colecta, sería esperable encontrarlos distribuidos indistintamente a lo largo de la zona de estudio, o bien, concentrados en zonas con acumulación ocasional de materia orgánica. El reducido número de muestras para cada zona geomorfológica identificada en el área, no permitió establecer una relación conclusiva entre la distribución de los *taxa* de foraminíferos bentónicos y las zonas geomorfológicas reconocidas por la técnica BTM. Los resultados geoespaciales de esta técnica aún están siendo analizados y refinados por Faynna Arendartuck.

Gradiente de turbidez (interacción continente-océano) y ocurrencia de especies planctónicas

El progresivo aumento de las formas planctónicas acompañando el gradiente batimétrico (P1- P3), es consistente con lo establecido en la bibliografía al respecto de su distribución típica, la cual es estratificada por profundidad (Leckie & Olsen, 2003; Molina, 2004; Saraswat, 2015; Schiebel & Hemblen, 2017). De esta manera, los autores señalan que están ausentes o son raros a lo largo de la mayor parte es de la PCI y PCM, y comienzan a aumentar su abundancia (en relación al total de foraminíferos) entre 75 – 100 m, en las inmediaciones de la PCE, con un máximo de ocurrencia próximo a la profundidad de quiebre de la plataforma o en la zona batial superior (Leckie & Olson *op cit*). En esta línea, Saraswat (2015) también destaca que la turbidez, característica de las zonas poco profundas de la plataforma, impide movimientos verticales a largo de la columna de agua, los cuales son necesarios para la gametogénesis de algunas especies planctónicas. En ese contexto, es esperable que las estaciones localizadas en perfiles batimétricos inferiores a 48 m, -límite estimado para la profundidad en la cual las olas tienen la capacidad de removilizar sedimento (zona circalitoral somera)-, presenten aguas más turbias, pudiendo suponer una restricción extra para la proliferación de las poblaciones antes mencionadas.

La ocurrencia de algunos especímenes planctónicos en las inmediaciones de la plataforma continental interna/media, es consistente con Sen Gupta (2003), quien señala que algunas especies plantónicas que pudieron ser identificadas, como *G.bulloides*, *G.ruber*, *O.universal*, toleran condiciones de hiposalinidad.

En este contexto, la presencia de formas adultas y juveniles, en combinación con la buena preservación de los caparzones, sugiere que los especímenes planctónicos cuantificados son autóctonos y no que hayan sido transportados hacia el área de estudio. No obstante, no se desestima un eventual transporte, ya que como ya fue mencionado, varios puntos de colecta están sobre el efecto de la hidrodinámica local, de forma que podrían potencialmente movilizar foraminíferos planctónicos en suspensión en la columna de agua, sin dejar rastros de impacto tan evidentes sobre sus caparzones.

Foraminíferos bentónicos como bioindicadores de productividad en la plataforma continental

La distribución y la estructura de la comunidad de los foraminíferos bentónicos están sujetas a la variabilidad del flujo de carbono orgánico que llega al fondo marino, en términos

de cantidad y calidad de materia orgánica, y a la oxigenación de la interface agua-sedimento y de las aguas intersticiales. Estos factores, en combinación con el tipo de sustrato y el estado energético de la capa bentónica, regulan en conjunto la distribución y la preferencia por *microhábitats* dentro del sedimento (Schmiedl *et al.*, 1997; Negai *et al.*, 2009). De acuerdo con las preferencias por *microhabitats* presentadas por Corliss (1991) y con el modelo TROX propuesto por Jorissen (1995), la predominancia de foraminíferos vivos en la columna sedimentaria clasificados como infauna somera e infauna intermedia, con ocurrencia simultánea de formas epifaunales, sugiere una condición intermedia de material orgánica para la plataforma de la Isla de Santa Catarina. En principio, esto contrasta con las características oligotróficas descritas para el margen continental brasileño en mayor escala, determinadas por la escasez de importantes aportes fluviales y por las características de la CB, que pierde nutrientes a medida que fluye sentido sur (Castro *et al.*, 2006a,b; Mahiques *et al.*, 2004; McClain *et al.*, 1998 *apud* Muehe & Garcez, 2005; Nagai *et al.*, 2009; Burone *et al.*, 2011). No obstante, algunas áreas puntuales a lo largo del margen continental brasileño pueden ser la excepción. Localidades asociadas a eventos de resurgencia, revelan un aumento de la producción primaria local (y de la productividad secundaria asociada a la misma), estableciendo una variabilidad espacial y temporal de la productividad primaria a lo largo de la PCSE (Disaró, 2014). En este sentido, el aumento en las tasas de producción primaria local puede ser evaluado en función de la presencia en la plataforma de la masa de agua fría ACAS ($T < 20^{\circ}\text{C}$) (Disaró, 2014), rica en nutrientes (especialmente nitrato disuelto) y cuyo afloramiento supone el quiebre de la termoclina, con ulterior fertilización de la zona fótica. Este fenómeno ha sido vinculado a la resurgencia de Cabo Frío ($22^{\circ}52'S$) y del Cabo de Santa Marta ($28^{\circ}62'S$), favorecida por la predominancia de vientos NE durante el verano (Castro & Miranda, 1998), los cuales, mediante el transporte de Ekman, empujan las aguas superficiales desde la costa hacia el mar abierto, permitiendo la ascensión de aguas más profundas. La intrusión del ACAS sobre la plataforma, ha sido sugerida y comprobada por otros trabajos regionales, tanto desde el marco de la oceanografía física, como utilizando foraminíferos como bioindicadores (Pereira *et al.*, 2009, Cechinel, 2013; Eichler *et al.*, 2014a; Paquette, 2014). En este sentido, durante el mismo mes que se realizó la campaña oceanográfica del presente trabajo (febrero), Pereira *op cit* observó una pluma de agua costera 4°C más fría ($22,2^{\circ}\text{C}$) con el triple de clorofila ($3 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$) que el agua adyacente, alcanzado la plataforma continental interna de la Isla de Santa Catarina, considerándola un fuerte indicio del efecto de la resurgencia costera. Reforzando esta suposición, también se reveló la presencia de un filamento de la masa AP con mayores concentraciones de clorofila *a*, extendiéndose hasta

las isobatas de 100 m. Además, la presencia del ACAS, al menos en un 35% a partir de la isobata de los 20 m, fue observada en los muestreos oceanográficos estivales realizados por Cechinel (2013) para un sector de la PCSE que incluye al área INCT (26°5'S – 28°4'S).

En lo que le concierne al presente trabajo, el aumento de la concentración de buliminidios y bolivinidios a partir de la cota batimétrica de 45 m, donde predominan los sedimentos de granulometría más fina, podría estar apoyando estos resultados, en relación a la presencia ocasional de una masa de agua de mayor profundidad y productividad, en las inmediaciones de la plataforma continental. En este sentido, es conocida la fuerte relación entre dicha asociación ecológica y las áreas enriquecidas, en las que consiguen prosperar aún en presencia de bajas concentraciones de oxígeno (Donnici & Barbero, 2002). En esta línea, Disaró (2014) caracterizó áreas de resurgencia en la PCSE, en función de la ocurrencia de asociaciones de foraminíferos bentónicos que exhibieron una correlación positiva con los sedimentos finos, delimitando así el área donde los fitodetritos alcanzaban el compartimento bentónico. Algunas de las especies citadas por la autora, cuya distribución batimétrica se corresponde con la verificada en este trabajo, incluyen *Bulimina marginata*, *Bolivina fragilis*, *Fursenkoina pontoni* y *Textularia* sp.

Comprensión del medio abiótico a partir de las asociaciones ecológicas de foraminíferos bentónicos hialinos

Las principales forzantes abióticas a las que respondieron las asociaciones de foraminíferos bentónicos fueron el tamaño de grano, el porcentaje de carbonato y las variaciones batimétricas.

Asociación BB

La baja abundancia relativa del grupo BB en las estaciones P1, de sedimentos más gruesos (arena gruesa y arena media) y carbonáticos, y la distribución preferencial del conjunto en sedimentos más finos (limo muy grueso) en estaciones que superan la cota batimétrica de 45 m, corrobora lo expresado en la literatura para los géneros constituyentes del conjunto. Dentro del grupo BB, los géneros más relevantes fueron *Bulimina* y *Bolivina*, ambos descritos por Murray (2006) como taxones marinos, de vida libre, fundamentalmente detritívoros, de amplia distribución desde la plataforma interna hasta la zona batial y con especies que pueden tolerar disoxia. *Bulimina*, tiene hábitos de vida infaunales, encontrándose en aguas frías-templadas y sedimentos lodosos- arenas finas; mientras que *Bolivina* ocupa *microhábitats* infaunales-epifaunales, siendo común en aguas frías-cálidas y sedimentos lodosos. Este autor también describe otros géneros pertenecientes al grupo

BB con menor representación, como *Buliminella*, *Fursenkoina* y *Bolivinellina*. *Buliminella* y *Fursenkoina*, como de vida libre, infaunales y detritívoros, con preferencia por sedimentos finos, pudiendo ocurrir desde la plataforma (a partir de la isobata de 35 m en el caso de *Fursenkoina*), hasta la zona batial. Por su parte, *Bolivinellina* es de ambientes marinos o levemente salobres, ocurriendo desde zonas marginales hasta la plataforma interna.

Dentro de este grupo, los individuos más destacables reconocidos hasta nivel específico fueron las especies oportunistas *Buliminella elegantissima* y *Bulimina marginata*. La preferencia por sedimentos lodosos de *B.elegantissima* ya fue señalada por Burone *et al.* (2011) en la Bahía de Ubatuba (São Paulo) y verificada para la *Reserva Biológica Marinha da Ilha de Arvoredo* por Paquette (2014). En este último trabajo, *B.elegantissima* también tuvo una distribución importante (8% en la Ilha do Arvoredo; 9,3% en el área de estudio) y también se observó un aumento de la misma hacia la PCM, siendo interpretado como una respuesta a los pulsos de productividad primaria de la superficie, en respuesta la presencia del ACAS, que actuaría como fuente marina de enriquecimiento orgánico, lo cual también podría justificar la concentración preferencial de esta especie en las isobatas más profundas del área INCT. *B.elegantissima* es frecuentemente considerada como bioindicadora de materia orgánica junto con *Fursenkoina pontoni*, otra especie que también integra el grupo BB (Lançone *et al.*, 2005). En ese sentido, Eichler *et al.* (2012), también ha relacionado *B.elegantissima* con aportes de descarga continental, señalando que su distribución no supera la cota batimétrica de los 50 m, relacionada con la masa de agua AC. Por su parte, Burone *et al.* (2013) también ha evaluado la ocurrencia de una asociación dominada por *B.elegantissima* en zonas enriquecidas, considerándola un buen indicador de condiciones marinas en ambientes transicionales entre el Río de la Plata y la plataforma continental adyacente.

En lo que respecta a *B. marginata*, se la describe como una especie de ambientes poco energéticos y menos oxigenados, altamente oportunista, pudiendo, por tanto, alterar su microambiente infaunal para epifaunal de ser necesario (Murray, 2006). *B. marginata* fue encontrada en once de las doce estaciones de colecta, ocupando desde áreas someras a profundas y facies e interfaces arenosas y lodosas. Por consiguiente, se considera que los resultados obtenidos apoyan la bibliografía regional, la cual sostiene que ocurren preferencialmente entre las isobatas de 40 y 60 m, con preferencia por sedimentos finos (Morgi *et al.*, 2005; Eichler *et al.*, 2008; Paquette, 2014). Ya ha sido propuesto que esta especie es un buen bioindicador de la presencia de aguas productivas en el Atlántico oriental (Lutze & Coulbourn, 1984), y en este sentido, investigaciones más recientes en el Atlántico occidental han corroborado estas evidencias (Disaró, 2014; Eichler *et al.*, 2014a;

Paquette 2014). Esta condición ya fue sugerida en áreas muy próximas a la de interés, como lo es la *Reserva Biológica Marinha da Ilha de Arvoredo* (27°17'S; Santa Catarina, Brasil), por Paquette (*op cit.*), a partir del análisis de la comunidad de foraminíferos. En un trabajo presentado por Eichler (*op cit*) con especímenes vivos de *B. marginata*, se señalan las intrusiones periódicas del ACAS en la PCS, vinculándolas a eventos de resurgencia durante la primavera y el verano; y se correlacionó una alta abundancia (5 - 10%) de la especie con la presencia de del Frente Subtropical de Plataforma (FSTP), el cual es definido por Piola *et al.* (2000) como una extensión de la confluencia CB-CM, que separa las aguas subtropicales de las subantárticas en la plataforma, cerca de la isobata de 50 m. Por tanto, la alta abundancia de dicha especie en el total de la muestra (8%) y la tendencia a distribuirse acompañando el gradiente batimétrico, podrían ser interpretadas como otras evidencias de la presencia de ACAS en los sectores medio e interno de la plataforma catarinense durante el verano austral, jugando un papel importante en el estado trófico de las aguas costeras.

Asociación AEN

El análisis de la distribución espacial del grupo AEN reveló una tendencia a concentrarse en estaciones de menor batimetría, preferencialmente en aquellas con alto contenido de carbonato. No obstante, también fueron encontrados altos valores de abundancia relativa en estaciones con sedimentos más finos (limo muy grueso). De acuerdo con Murray (2006) y considerando los *taxa* contenidos en el grupo AEN, se desprende que *Ammonia* y *Criboelphidium* pueden encontrarse tanto en sedimentos finos como arenosos, con una cota batimétrica en torno de los 50 m, en el caso de *Ammonia*, y los 70 m, para el género *Criboelphidium*. Sin embargo, la familia *Nonionidae* tiene preferencia por sedimentos con alto porcentaje en arcilla y limo y tiene una distribución amplia en la plataforma continental y profundidades mayores (10 - 1000 m). Esta preferencia no homogénea por la textura del sedimento (arenas y arcilla / limo) podría explicar la asimetría horizontal (P1-P3) del gradiente de abundancia del grupo AEN. Asimismo, observamos que las especies AEN son en general buenas indicadoras de la plataforma interna, en donde predominan condiciones de alta energía y sedimentos de mayor tamaño medio, lo cual es apoyado por los resultados obtenidos en el presente trabajo, en el cual AEN superó el 26,8% en todas las estaciones localizadas entre 35 – 40 m.

Las especies de este grupo con mayor abundancia fueron *Ammonia tepida* (6,3%) y *Criboelphidium poeyanum* (6,2%). La alta abundancia de especímenes del género

Ammonia es consistente con lo que registrado en otros trabajos del Atlántico Sur (Schmiedl *et al.*, 1997; Burone & Pires-Vanin, 2006; Eichler *et al.*, 2008; Teodoro *et al.*, 2010, Burone *et al.*, 2011; Disaró, 2014; Paquette *et al.*, 2016, entre otros), y específicamente, *A.tepida* ha sido vinculada en asociaciones características de la plataforma continental interna (Disaró *et al.*, 2003). La amplia distribución cosmopolita del género puede entenderse en términos de su gran capacidad adaptativa, ya que su condición generalista les permite desarrollarse en ambientes con un importante gradiente de parámetros físicos y ecológicos (Murray, 2006; Bradshaw, 1961, Walton & Sloan, 1990 *apud* Pascal, 2008).

Con respecto a la distribución de la especie *C. poeyanum*, también se la ha correlacionado inversamente con la presencia de sedimentos finos y ricos en materia orgánica total, en el área adyacente a la Reserva Biológica de Arvoredo, siendo considerada en este caso como una especie indicadora de influencia continental (Paquette *et al.*, 2016).

Asociación UT

La última asociación de foraminíferos hialinos representada fue UT, la cual exhibió una clara tendencia a ocupar estaciones más profundas, ya que las isobatas entre 35 - 40 m presentaron valores mínimos. Los géneros *Uvigerina* y *Trifarina*, se caracterizan por ser de vida libre, fundamentalmente infaunales y detritívoros, asociados a sedimentos finos. *Uvigerina* ocupa profundidades entre 100 y 4500 m (plataforma externa - planicie abisal) y aguas frías en el Atlántico Sur, mientras que *Trifarina* ocurre entre 0-400 m (plataforma-batial superior), pudiendo encontrarse en aguas templadas, además de frías (Murray, 2006). Si bien la profundidad preferida por *Trifarina* está acorde con los resultados obtenidos en el presente trabajo, llama la atención la alta abundancia de *Uvigerina* en puntos de colecta comprendidos entre las profundidades de 50-59 m. A nivel regional, dicho género, se caracteriza por presentar especies indicadoras de aguas de plataforma externa, provenientes de la CM (Lançone *et al.*, 2005; Eichler *et al.*, 2015; Eichler *et al.*, 2008). Entre ellas, la especie *Uvigerina peregrina*, principal constituyente del grupo UT, se relaciona con aguas productivas (Fontanier *et al.*, 2003 *apud* Yamashita, 2011; Martins *et al.*, 2015), asociadas por Eichler *et al.* (2012) a la masa del ACAS ($T < 20^{\circ}\text{C}$) y al Agua Subtropical de Plataforma (ASTP, $< 12^{\circ}\text{C}$), en la plataforma continental comprendida entre Itajaí (Santa Catarina, Brasil) y Mar del Plata (Buenos Aires, Argentina). Más cerca de la porción interna de la plataforma de Santa Catarina, Paquette (2014) destacó la presencia de *U.peregrina* a partir de la isobata de 25 m, como posible indicadora de aguas marinas de alta productividad y sedimentos finos, como limo y arcilla. En este contexto, los resultados sobre la distribución de *U.peregrina* en el área INCT refuerzan las evidencias precedentes al respecto de aguas

frías y productivas en la PCSE.

Por último, De Mello *et al.* (2014) han mostrado una relación entre asociaciones de foraminíferos bentónicos que incluyen estos *taxa* y condiciones de elevada energía con predominancia de sedimentos arenosos. Sin embargo, esta tendencia no pudo ser corroborada para el área INCT.

Globocassidulina crassa* y *Globocassidulina subglobosa

Otras dos especies que tuvieron una importante representación en el total de las muestras estudiadas fueron *G. crassa* (7,1%) y *G. subglobosa* (6,7%). *G. crassa* fue vinculada por Eichler *et al.* (2012) a aguas frías, junto con *Buccella peruviana*, otra especie que ocurre en baja proporción (<5%) en el área INCT. Martins *et al.* (2015) relacionó esta especie con sedimentos gruesos, bien oxigenados, vinculados a corrientes de fondo activas. Para el área de estudio, no pudo comprobarse una preferencia por la textura de sedimento ni una respuesta hidrodinámica por parte de *G. crassa*. Por otro lado, Eichler *op cit.* relaciona *G. subglobosa* con aguas más cálidas, como son el ASTP y el AC hasta las isobata de 55 m y vincula su ocurrencia al transporte de la Corriente de Brasil, junto con *U.peregrina* (Boltovskoy, 1998 *apud* Eichler *et al.*, 2012). Algunos estudios han apuntado una posible relación ecológica hacia la plataforma media entre *B.marginata* y *G.subglobosa* (Morgi *et al.*, 2005; Eichler *et al.*, 2008). No obstante, los resultados obtenidos no expresan una clara relación entre la distribución de estas dos especies, ya que *G. subglobosa* exhibió un comportamiento heterogéneo, siendo más abundante en los puntos rasos de las transectas hacia el norte (T1, T2) y más abundante en las estaciones más profundas de las transectas hacia el sur (T3, T4).

7.CONCLUSIONES

A partir del reconocimiento de los géneros y especies de foraminíferos bentónicos más abundantes en las doce estaciones analizadas, pudo realizarse un análisis espacial de la variabilidad de los descriptores ecológicos de la comunidad, el cual reveló una dependencia con el gradiente batimétrico, el tamaño de diámetro medio, la concentración de carbonato de calcio y la hidrodinámica local.

En lo que refiere a la integración de dichos datos con los parámetros sedimentológicos y geomorfológicos del área de estudio derivados del modelo BTM, se infirió la presencia de una posible paleo-costa entre las isobatas de 30 y 40 m. En dicho sector se observaron

sedimentos con alta concentración de carbonatos, predominio de arenas con menor grado de selección y abundantes fragmentos provenientes del exoesqueleto moluscos costeros. Asimismo, estas isobatas fueron caracterizadas por la presencia exclusiva de *T. cf. foliacea*, a pesar que la falta de datos regionales sobre esta especie no permite establecer un vínculo directo con los sedimentos presuntamente relictos del área de estudio. La inferencia sobre una posible línea de estabilización del mar, corrobora lo expresado por diversos autores, entre los cuales se destaca Correa (1996) y Cooper *et al.* (2016), quienes describen una paleolínea de costa holocénica para profundidades semejantes, en la plataforma continental sur y sureste brasileña, respectivamente, consecuente de las oscilaciones en el nivel medio del mar durante el Cuaternario.

En conjunto con el análisis de la distribución vertical de las poblaciones vivas a lo largo de los testigos cortos de sedimento, se infirió una condición de disponibilidad intermedia de materia orgánica en el área de estudio, favorecida probablemente por el afloramiento del ACAS durante el verano, conforme ya fue demostrado por otros trabajos regionales, lo cual pudo ser observado a partir de la variabilidad en la composición faunística de algunas asociaciones que sugieren enriquecimiento orgánico y aguas productivas. Asimismo, los cambios en la composición de la comunidad, respondieron a la granulometría e hidrodinámica local, la cual pudo ser evaluada en función de la transición de la zona circalitoral somera y la zona circalitoral profundo, que suponen el límite de la acción de las olas sobre el sustrato.

Los datos biológicos resultantes de las técnicas micropaleontológicas y del esfuerzo taxonómico empleado en el procesamiento de las muestras, permitieron desarrollar satisfactoriamente los objetivos propuestos en el presente trabajo, promoviendo la aplicación de un abordaje interdisciplinario y una comprensión más profunda sobre los aspectos biosedimentológicos y los procesos oceanográficos dominantes en el sector estudiado de la plataforma continental, al sur de la Isla de Santa Catarina, Brasil.

8. BIBLIOGRAFÍA

ABREU, J.G.N & NETO, D.G. 1998. Distribuição dos sedimentos superficiais na plataforma continental interna do litoral norte de Santa Catarina. *Terra*, 1978–1979.

ABREU, J.G.N. 2010. Sedimentologia, sismoestratigrafia e evolução da plataforma continental interna na área sob influência dos rios Itajaí-Açu e Camboriú, litoral Centro-Norte de Santa Catarina. Tesis de doctorado. IGEO/UFRGS, Brasil.

ALVES, J. & MELO, E. 2001. Measurement and modeling of wind waves at the northern coast of Santa Catarina, Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, v. 49, 13-28.

ANGULO, R.J. & SUGUIO, K. 1995. Revaluation of the Holocene Sea-level Maxima for the State of Paraná, Brazil. *Paleocenography, Paleoecology, Paleoclimatology*, v. 113, 385-393.

ARENDARTCHUK, F. 2016. Caracterização morfosedimentar da plataforma continental interna ao sul da ilha de Santa Catarina. Pre-disertación de maestría. PPG, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil.

ARMSTRONG, H. & BRASIER, M. 2005. Microfossils. 2da. Edición. *Blackwell Publishing*, 145- 147.

BETANCUR, M.J & MARTÍNEZ, I. 2003. Foraminíferos bentónicos recientes en sedimentos de fondo de la Cuenca de Panamá (Pacífico colombiano), como indicadores de productividad y oxigenación. *Boletín Investigaciones Marinas y Costeras – INVEMAR*, v. 32, nº1, 93-123.

BOLTOVSKOY, E. 1976. Distribution of Recent Foraminifera of the South American Region. En: Foraminifera, Editado por Hedley & C.G. Adams, *Academic Press*, London, v. 2, 171-236.

BOLTOVSKOY, E., GUISSANI, G., WATANABE S. & WRIGHT, R. 1980. Atlas of benthic shelf foraminifera of the southwest Atlantic. Dr. W. Junk by Publishers. *The Hague*, 10-11.

BRAGA SILVA, J., & DULEBA, W. 2013. Comparação entre as assinaturas tafonômicas de associações de foraminíferos subfósseis das enseadas do Flamengo e da Fortaleza, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 16(2), 263–282.

BURONE, L. & PIRES-VANIN, A. M. S. 2006. Foraminiferal assemblages in Ubatuba Bay, South - Eastern Brazilian coast. *Scientia Marina*, 70(2), 203–217.

BURONE, L., DE MELLO, S. H., MAHIQUES, M. M. DE, VALENTE, P., CIOTTI, A. & YAMASHITA, C. 2011. Benthic foraminiferal distribution on the southeastern Brazilian shelf and upper slope. *Marine Biology*, 158(1), 159–179.

BURONE, L., ORTEGA, L., FRANCO-FRAGUAS, P., MAHIQUES, M.M.DE, GARCÍA-RODRIGUEZ, F., VENTURINI, N., SALAROLI, MARIN, Y. BRUGNOLI, E., NAGACI, R., MUNIZ, P., BÍCEGO, M., FIGUEIRA, R., SALAROLI, A. 2013. A multiproxy study between the Río de la Plata and the adjacent Southwestern Atlantic inner shelf to assess the sediment footprint of river vs. marine influence. *Continental Shelf Research*, 55, 141–154.

CARVALHO, J. L. B.; SCHETTINI, C.F. & RIBAS, T. M. 1998. Estrutura termohalina do litoral Centro-Norte Catarinense. Notas Técnicas FACIMAR, Itajaí, SC, v. 2, 181-197.

CASTRO, B. 1990. Estado Atual do Conhecimento dos Processos Físicos das Águas da Plataforma Continental Sudeste do Brasil. En: Simpósio de Ecossistemas da Costa sul e leste brasileira: estrutura função e manejo. São Paulo. Academia de Ciências de São Paulo, v. 1. 1-19.

CASTRO, B., 1996. Correntes e massas de água da Plataforma Continental Norte de São Paulo. Tesis de docencia libre, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. 248.

CASTRO, B & MIRANDA, L. 1998. Physical oceanography of the western Atlantic continental shelf located between 4°N and 34°S. En: Robinson, A.R., Brink, K.H. (Eds.), *The Sea*, v. 11, 209–252.

CASTRO, B., LORENZETTI, SILVEIRA, J.A., DA & I.C.A, MIRANDA, L. 2006a. Estrutura termohalina e circulação na região entre o Cabo de Santo Tomé (RJ) e o Chui (RS). En: *Ambiente oceanográfico da plataforma continental e do talude na região sul-sudeste do Brasil*. Editores: ROSSI- WONGTSCHOWSKI, C & MADUREIRA, L. Editorial da Universidade de São Paulo (EDUSUP), 11-120.

CASTRO, B., BRANDINI, F., PIRES-VANIN, A. & MIRANDA, L. 2006b. Multidisciplinary oceanographic processes on the Western Atlantic continental shelf between 4 N and 34 S. *The Sea. Harvard College*, 14, 259–293.

- CECHINEL, K.** 2013. Caracterização físico-química e oceanográfica da Plataforma Continental Interna de Santa Catarina: Subsídio para a gestão da pesca da sardinha-verdadeira. Tesis de maestria, Universidade do Vale do Itajaí, Santa Catarina, Brasil.
- COOPER, J. A. G., GREEN, A. N., MEIRELES, R. P., KLEIN, A. H. F., SOUZA, J., & TOLDO, E. E.** 2016. Sandy barrier overstepping and preservation linked to rapid sea level rise and geological setting. *Marine Geology*, 382, 80–91.
- CORLISS, B. H.** 1991. Morphology and microhabitat preferences of benthic foraminifera from the northwest Atlantic Ocean. *Marine Micropaleontology*, 17(3–4), 195–236.
- CORLISS, B. H. & CHEN, C.** 1998. Morphotype patterns of Norwegian Sea Deep sea benthic foraminifera and ecological implications. *Geology*, 16(8), 716–719.
- CORRÊA, I.C.S.** 1996. Les variations du niveau de la mer durant les derniers 17.500 ans BP: l'exemple de la plate-forme continentale du Rio Grande do Sul-Brésil. *Marine Geology* 130, 163–178.
- DEBENAY, J.P.** 2012. A guide to 1,000 foraminifera from southwestern Pacific: New Caledonia. IRD Éditions, Marseille, *Publications Scientifiques du Muséum*, Paris, 378.
- DE MELLO, C. N.** 2013. Caracterización del margen continental uruguayo usando foraminíferos bentónicos vivos y su relación con las condiciones ambientales. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UDELAR, Uruguay.
- DE MELLO, C., BURONE, L., ORTEGA, L., FRANCO-FRAGUAS, P., LAHUERTA, N., MAHIQUES, M., & MARIN, Y.** 2014. Benthic foraminiferal distributions on the Uruguayan continental margin (South-western Atlantic) and controlling environmental factors. *Continental Shelf Research*, 91, 120–133.
- DE SOUZA, G. J. A.** 2007. Feições sedimentares presentes na plataforma continental interna da enseada do Pântano do Sul, Ilha de Santa Catarina, SC. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Rio Grande do Sul (UFRGS).
- DESROSIERS, C., LEFLAIVE, J., EULIN, A., & TEN-HAGE, L.** 2013. Bioindicators in marine waters: Benthic diatoms as a tool to assess water quality from eutrophic to oligotrophic coastal ecosystems. *Ecological Indicators*, 32, 25–34.

DISARÓ, S. T., ALUIZIO, R., RIBAS, E. R., PUPO, D. V., TELLEZ, I. R., WATANABE, S., TOTAH, V., FIGUEIREDO JR, A.C & FALCÃO, A. P. D. C. 2003. Foraminíferos bentônicos recentes da plataforma continental da bacia de campos e relações com as características sedimentares regionais. Congresso Da Associação Brasileira de Estudos Do Quaternário ABEQUA III. *ABEQUA Congress - The South American Quaternary: Challenges and Perspectives, Foraminíferos*, 5.

DISARÓ, S. T. 2014. Caracterização da plataforma continental da Bacia de Campos (Brasil, SE) fundamentada em foraminíferos bentônicos recentes. Tesis de doctorado. Programa de pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

DONNICI, S & BARBERO, R.S. 2002. The benthic foraminiferal communities of the northern Adriatic continental shelf. *Marine Micropaleontology*, 44(3–4), 93–123.

DULEBA, W. 1994. Interpretações paleoambientais obtidas a partir das variações na coloração das carapaças de foraminíferos, da Enseada do Flamengo, SP. Boletim do Instituto Oceanográfico de São Paulo, 42(12), 63–72.

DULEBA, W., PETRI, S., & STEFFANI C, J. 2003. Foraminíferos, tecamebas e ostracodes sub-recentes e fósseis do Quaternário do Brasil. *Revista Do Instituto de Geociencias - USP*, nº2, 1–24.

EICHLER, P. P. B., SEN GUPTA, B. K., EICHLER, B. B., BRAGA, E. S., & CAMPOS, E. J. 2008. Benthic foraminiferal assemblages of the South Brazil: Relationship to water masses and nutrient distributions. *Continental Shelf Research*, 28(13), 1674–1686.

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 agua ao longo da costa subtropical da A. *Brazilian Journal of Biology*, 72 (3), 723.

EICHLER P. P. B., BILLUPS, K., VITAL, H., & DE MORAES, J. A. 2014a. Tracing thermohaline properties and productivity of shelf-water masses using the stable isotopic composition of benthic foraminifera. *Journal of Foraminiferal Research*, 44(4), 352–364.

EICHLER, P.P.B., PIMENTA, F. M., EICHLER, B. B. & VITAL, H. 2014b. Living *Bulimina marginata* in the SW Atlantic continental margin: Effect of the Subtropical Shelf Front and South Atlantic Central Water. *Continental Shelf Research*, 89, 88–92.

EICHLER, P. P. B., RODRIGUES, A. R., PEREIRA, E. DA R. M., EICHLER, B. B., KAHN, A., & VITAL, H. 2015. Foraminifera as Environmental Condition Indicators in Todos os Santos Bay (Bahia, Brazil). *Open Journal of Ecology*, 5(7), 326–342.

EMILSON, I. 1961. The shelf and coastal waters off southern Brazil. *Boletim Do Instituto Oceanográfico*, 11(2), 101–112.

FERNANDEZ-LOPEZ, S.R. 1999. Tafonomía y fosilización. En: Tratado de Paleontología, tomo I (Ed. B. Meléndez, 1998). Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, 51-107, 438-441.

FONTANIER, C., JORISSEN, F. J., LICARI, L., ALEXANDRE, A., ANSCHUTZ, P., & CARBONEL, P. 2002. Live benthic foraminiferal faunas from the Bay of Biscay: Faunal density, composition, and microhabitats. *Deep-Sea Research Part. En: Oceanographic Research Papers*, 49(4), 751–785.

GONZALES, M. V., DE ALMEIDA, F. K., COSTA, K. B., SANTAROSA, A. C. A., CAMILLO, E., DE QUADROS, J. P., & TOLEDO, F. A. L. 2017. Help Index: *Hoeglundina elegans* preservation index for marine sediments in the western South Atlantic. *The Journal of Foraminiferal Research*, 47 (1), 56–69.

GOODAY, A. 1986. Meiofaunal foraminiferans from the bathyal Porcupine Seabight (northeast Atlantic): size structure, standing stock, taxonomic composition, species diversity and vertical distribution in the sediment. *Deep-Sea Reserch*, 33(10):1345–1373.

GOODAY, A. 1994. The biology of deep-sea foraminifera: A review of some advances and their applications in paleoceanography. *Palaios*, n°9, 14-41.

GRÉ, J. 1989. Aspectos sedimentares da plataforma continental de Santa Catarina. *Geosul*, 4(8), 92–100.

HARLOFF, J., & MACKENSEN, A. 1997. Recent benthic foraminiferal associations and ecology of the Scotia Sea and Argentine Basin. *Marine Micropaleontology*, 31(1–2), 1–29.

HORN FILHO, N. 2003. Setorização da Província Costeira de Santa Catarina em base aos aspectos geológicos, geomorfológicos e geográficos. *Geosul*, v.18, n°35, 71-98.

HORN FILHO, N. 2006. "Granulometria das Praias Arenosas da Ilha de Santa Catarina, SC". Departamento de Geociências e Programa de Pós-graduação em Geografia, CFH, UFSC. *Gravel*, n°4, 1-21.

HORN FILHO, N.O., SCHMIDT, A.D., BENEDET, C., NEVES, J., PIMENTA, L.H.F., PAQUETTE, M., ALENCAR, R., SILVA, W.B., VILLELA, E., GENOVEZ, R. & SANTOS, C.G. 2014. Estudo Geológico dos Depósitos Clásticos Quaternários Superficiais da Planície Costeira de Santa Catarina, *Gravel*, v.12, 41–107.

HILLAIRE-MARCEL, C., & DE VERNAL, A. 2007. Proxies in Late Cenozoic. Developments. *Marine Geology*, v.1, *Elsevier Science*, 862.

JONES, R. W. 2014. Foraminifera and Their Applications. *Cambridge University Press*, University of Cambridge, Inglaterra, 374.

JORISSEN, F. J., DE STIGTER, H. C. & WIDMARK, J. G. V. 1995. A conceptual model explaining benthic foraminiferal microhabitats. *Marine Micropaleontology*, 26(1–4), 3–15.

LANÇONE, 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.

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.

LUTZE, G., & COULBOURN, W. 1984. Recent benthic foraminifera from the continental margin of northwest Africa: Community structure and distribution. *Marine Micropaleontology*, 8(5), 361–401.

MAHIQUES, M. M. DE, TESSLER, M. G., MARIA CIOTTI, A., DA SILVEIRA, I. C. A., E SOUSA, S. H. D. M., FIGUEIRA, R. C. L., TASSINARIC, C.C.G; FURTADO, V.V. & PASSOS, R.F. 2004. Hydrodynamically driven patterns of recent sedimentation in the shelf and upper slope off Southeast Brazil. *Continental Shelf Research*, 24(15), 1685–1697.

MAHIQUES, M. M.DE, DE MELLO E SOUSA, S. H. FURTADO, V. V., TESSLER, M. G., DE LIMA TOLEDO, F. A., BURONE, L., FIGUEIRA, R.C.L, KLEIN, D.A, MARTINS, C.C. & ALVES, D. P. V. 2010. The Southern Brazilian shelf: General characteristics, quaternary evolution and sediment distribution. *Brazilian Journal of Oceanography*, 58 (SPEC. ISSUE 2), 25–34.

MAHIQUES, M. M. D. DE., SILVEIRA, I. C. A, SOUSA, S. H. M., FUKUMOTO, M. M. 2005. Modern sedimentation in the Cabo Frio upwelling system, *An. Acad. Bras. Ciênc.* v.77, 535–548.

MARQUES, W. C., MONTEIRO, I., MOLLER, O., & FERNANDES, E. H. 2006. A dinâmica da pluma costeira da Lagoa dos Patos, Brasil. *Anais Do II Seminário e Workshop em Engenharia Oceânica*.

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*, nº3, 85–102.

MARTINS, M. V. A., QUINTINO, V., TENTÚGAL, R. M., FRONTALINI, F., MIRANDA, P., MATTOS L.L., MARTINS, R. & RODRIGUES, A. M. 2015. Characterization of bottom hydrodynamic conditions on the central western Portuguese continental shelf based on benthic foraminifera and sedimentary parameters. *Marine Environmental Research*, 109, 52–68.

MATSUURA, Y. 1986. Contribuição ao Estudo sobre Estrutura Oceanográfica da Região Sudeste entre Cabo Frio (RJ) e Cabo de Santa Marta Grande (SC). *Ciência e Cultura*, 38(8): 1439-1450.

MAZZER, A. & DILLENBURG, S. 2009. Variações temporais da linha de costa em praias arenosas dominadas por ondas do sudeste da Ilha de Santa Catarina (Florianópolis, SC, Brasil). *Pesquisas em Geo ciencias*, 36 (1), 117-135.

- MOLINA, E.** 2004. Foraminíferos: Biología, organización de la concha y clasificación. 2ª edición, Prensas Universitarias de Zaragoza, 704.
- MONTEIRO, M.A. & FURTADO, S.M. de A.** 1995. O clima do trecho Florianópolis – Porto Alegre: Uma abordagem dinâmica. *Geosul*, nº19/20, 117-133.
- MORIGI, C., JORISSEN, F.J., FRATICELLI, S., HORTON, B. P.; PRINCIPI, M., SABBATINI, A., CAPOTONDI, L., CURZI, P. V., & NEGRI, A.** 2005. Benthic foraminiferal evidence for the formation of the Holocene mud-belt and bathymetrical evolution in the central Adriatic Sea. *Marine Micropaleontology*, v. 57, 25–49.
- MUEHE, D. & GARCEZ, D.** 2005. A plataforma continental brasileira e sua relação com a zona costeira e a pesca”. Mercator - *Revista de Geografia da Universidade Federal do Ceará (UFC)*, vol. 4, nº. 8, 69-88.
- MURRAY, J. W.** 2000. When does environmental variability become environmental change? The Proxy Record of benthic Foraminifera. *Environmental Micropaleontology, Topics in Geobiology*, v. 15, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, 7-37.
- MURRAY, J. W.** 2001. The niche of benthic foraminifera, critical thresholds and proxies. Micro Notes, *Marine Micropaleontology*, 1-7.
- MURRAY, J. W.** 2006. Ecology and Applications of Benthic Foraminifera. *Cambridge University Press*, Cambridge, UK, 426.
- MUSSI, C.** 2017. Mapeamento da geodiversidade e análise de bens e serviços ecossistêmicos prestados pela plataforma continental de Santa Catarina, Brasil. Programa de Pós- Graduação em Geografia, Universidade de São Paulo (USP).
- 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. *Quaternary International*, 206 (1–2), 62–71.
- OLIVEIRA-SILVA, P.** 2005. Distribution of macrobenthic foraminifera on Brazilian Continental Margin Between 18°S–23°S. *Revista Brasileira de Geociências*, 35 (2), 209–216.

PAQUETTE, M. L. 2014. Análise espacial de foraminíferos bentônicos aplicada a compreensão de processos Oceanográficos associados a Reserva Biológica do Arvoredo e seu entorno (SC, Brasil). Tesis de maestría. Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFSC, Brasil.

PAQUETTE, M.L., BONETTI, C., BITENCOURT, V., & BONETTI, J. 2016. Spatial patterns of benthic foraminifera as a support to the oceanographic characterisation of Arvoredo Biological Marine Reserve (South Atlantic, Brazil). *Marine Environmental Research*, 114, 40–50.

PASCAL, P. Y., DUPUY, C., RICHARD, P., & NIQUIL, N. 2008. Bacterivory in the common foraminifer *Ammonia tepida*: Isotope tracer experiment and the controlling factors. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 359 (1), 55–61.

PEREIRA, M. D., SCHETTINI, C. A. F., & OMACHI, C. Y. 2009. Caracterização de feições oceanográficas na plataforma de Santa Catarina através de imagens orbitais. *Revista Brasileira de Geofísica*, 27(1), 81–93.

PARKER, W.C. & ARNOLD, J.A. 2003. Quantitative methods of data analysis in foraminiferal ecology. En: *Modern Foraminifera* (Sen Gupta, 2003), 71-89.

PIANCA, C., MAZZINI, P. L. F., & SIEGLE, E. 2010. Brazilian offshore wave climate based on NWW3 reanalysis. *Brazilian Journal of Oceanography*, 58(1), 53–70.

PIOLA, R.A, CAMPOS, J.D.E, MÖLLER JR, O.O., CHARO, M & MARTINEZ, C. 2000. Subtropical Shelf Front off eastern South America, *Journal of Geophysical Research*, 105, 6565–6578.

PIOLA, R.A & MATANO, R. 2001. Brazil and Falklands (Malvinas) Currents. *Encyclopedia of Ocean Sciences*. Academic Press. Universidad de Buenos Aires.

ITO, E.R.K & AMBRIZZI, T. 2017. Climatologia da posição da alta subtropical do atlântico sul para os meses.

RODRIGUES, M.L., FRNCO, D. & SUGAHARA, S. 2004. Climatologia de frentes frias no litoral de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Geofísica*, 22(2), 135-151.

- SARASWAT, R.** 2015. Non-destructive foraminiferal paleoclimatic proxies: A brief insight. *Proceedings of the Indian National Science Academy*, 81(2), 381–395.
- SCHIEBEL, R., & HEMLEBEN, C.** 2017. Planktic Foraminifers in the Modern Ocean. *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*, 351.
- SCHMIEDL, G., MACKENSEN, A., & MULLER, P. J.** 1997. Recent benthic foraminifera from the eastern South Atlantic Ocean: Dependence on food supply and water masses. *Marine Micropaleontology*, 32(3–4), 249–287.
- SCOTT, D. B., MEDIOLI, F. S. & SCHAFER, C. T.** Monitoring in Coastal Environments Using Foraminifera as Thecamoebian Indicators. *Cambridge University Press*, New York, 177.
- SEN GUPTA, B.K.** 2003. Modern Foraminifera. *Kluwer Academic Publishers*, 371.
- SILVA, L., MIRANDA, L. B., & DE CASTRO FILHO, B. M.** 2004. Estudo numérico da circulação e da estrutura termohalina na região adjacente à Ilha de São Sebastião (SP). *Revista Brasileira de Geofísica*, 22(3), 197–221.
- SILVEIRA, I. C. A. DA, SCHMIDT, A. C. K., CAMPOS, E. J. D., GODOI, S. S. DE, & IKEDA, Y.** 2000. A corrente do Brasil ao largo da costa leste brasileira. *Revista brasileira Oceanográfica*, 48(2), 171–183.
- SOUSA, S.H.M., PASSOS, R. F., BARBOSA, V. P. & KOUTSOUKOS & EDUARDO A. M.** 2012. Foraminíferos Planctônicos e Bentônicos da Plataforma e Talude Continental do Atlântico Sudoeste, entre 19°-33°S. 1. Ed. *Editora da Universidade de São Paulo*, v. 1, 165.
- STECH, J. & LORENZETTI, J.** 1992. The response of the South Brazil Bight to the passage of wintertime cold fronts. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, v.97, n°C6, 9507-9520.
- SUGUIO, K.** 2003. Tópicos de geociências para o desenvolvimento sustentável: as regiões litorâneas. *Geologia USP-Série Didática*, 2, 40.
- TEODORO, A. C. DULEBA, W., GUBITOSO, S., PRADA, S. M., LAMPARELLI, C. C., & BEVILACQUA, J. E.** 2010. Analysis of foraminifera assemblages and sediment geochemical properties to characterise the environment near Araçá and Saco da Capela

domestic sewage submarine outfalls of São Sebastião Channel, São Paulo State, Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 60(4), 536–553.

TESSLER, M. & GOYA, S. 2005. Processos costeiros condicionantes do litoral brasileiro. *Revista do Departamento de Geografia*, 110, 11-23. Universidade de São Paulo (USP), Brasil.

TRUCCOLLO, E & SCHETTINI, C. 1999. Marés astronômicas na baía da Babitonga, SC. Laboratório de Oceanografia Física CTTMar – Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar. Universidade do Vale de Itajaí (UNIVALI), Brasil.

VAN DER ZWAAN, G. J., DUIJNSTEE, I. A. P., DEN DULK, M., ERNST, S. R., JANNINK, N. T., & KOUWENHOVEN, T. J. 1999. Benthic foraminifers: Proxies or problems? A review of paleocological concepts. *Earth Science Reviews*, 46(1–4), 213–236.

YAMASHITA, C. 2011. Distribuição dos foraminíferos bentônicos vivos no talude continental e Platô de São Paulo, Bacia de Campos (23° 12'-24° 30' e 39° 59'-41° 20'): fatores ambientais condicionantes. Tesis de maestría. *Instituto Oceanográfico, USP.*

9. ANEXO

Esquema de la metodología aplicada para el estudio de los foraminíferos bentónicos y sus sedimentos acompañantes

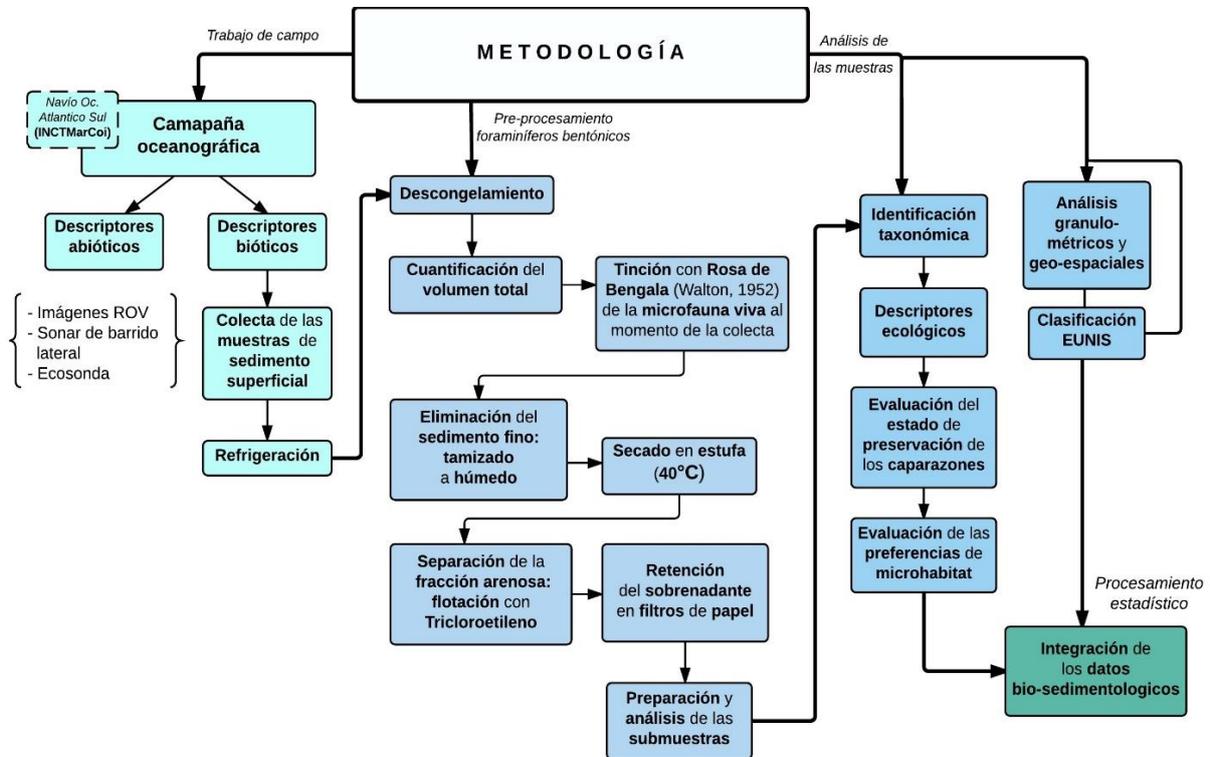


Figura 37. Diagrama de flujo resumiendo la metodología aplicada.

Clasificación taxonómica de los foraminíferos bentónicos en el área de estudio

Tabla A. Principales géneros identificados.

Orden	Superfamilia	Familia	Género
Astrorhizida Lankester, 1885	Saccamminidae Brady, 1884	Saccamminidae Brady, 1884	<i>Lagenamina</i> Rhumbler, 1911
Lagenida Delage & Hérouard, 1896	Nodosarioidea Ehrenberg, 1838	Lagenidae Reuss, 1862	<i>Hyalinonetrion</i> Patterson & Richardson, 1988 <i>Lagena</i> Walker & Boys, 1798 <i>Procerolagena</i> Puri, 1954 <i>Reusoolina</i> Colom, 1956
		Nodosariidae Ehrenberg, 1838	<i>Dentalina</i> Risso, 1826 <i>Laevidentalina</i> Loeblich & Tappan, 1986 <i>Nodosaria</i> Lamarck, 1816
	Polymorphinoidea	Ellipsolagenidae A. Silvestri, 1923	<i>Fissurina</i> Reuss, 1850 <i>Parafissurina</i> Parr, 1947
		Glandulinidae Reuss, 1860	<i>Glandulina</i> d'Orbigny, 1839

Lituolida	Recurvoidea Alekseychik-Mitskevich, 1973	Ammosphaeroidinidae Cushman, 1927	Cribrostomoides Cushman, 1910
Miliolida Delage & Hérourard, 1896	Milioloidea Ehrenberg, 1839	Hauerinidae Schwager, 1876	Massilina Schlumberger, 1893 Miliolinella Wiesner, 1931 Pyrgo Defrance, 1824 Quinqueloculina d'Orbigny, 1826 Triloculina d'Orbigny, 1826
		Spiroloculinidae Wiesner, 1920	Spiroloculina d'Orbigny, 1826
Rotaliida Delage & Hérourard, 1896	Buliminoidea (Jones, 1875)	Buliminidae , Jones, 1875	Bulimina , d'Orbigny, 1826 Protoglobobulimina , Hofker, 1951
		Buliminellidae , Hofker, 1951	Buliminella , Cushman, 1911
		Uvigerinidae Haeckel, 1894	Trifarina Cushman, 1923 Uvigerina d'Orbigny, 1826
	Chilostomelloidea , Brady, 1881	Alabaminidae , Hofker, 1951	Oridorsalis Andersen, 1961
		Anomalidae , Cushman, 1927	Hanzawaia Asano, 1944
		Trichohyalidae Saidova, 1981	Buccella Andersen, 1952
	Discorbinelloidea Sigal, 1952	Pseudoparrellidae Voloshinova, 1952	Epistominella Husezima & Maruhasi, 1944
	Discorboidea Ehrenberg, 1838	Cancrisidae Chapman, Parr & Collins, 1934	Cancris Montfort, 1808 Valvulineria Cushman, 1926
		Discorbidae Ehrenberg, 1838	Discorbis Lamarck, 1804
		Eponididae Hofker, 1951	Alabaminella Saidova, 1975 Poroeponides Cushman, 1944
	Nonionioidea Schultze, 1854	Nonionidae Schultze, 1854	Astrononion Cushman & Edwards, 1937 Nonionella Rhumbler, 1949 Nonionellina Voloshinova, 1958 Nonionoides Saidova, 1975 Pseudononion Asano, 1936
	Planorbuloidea Schwager, 1877	Cibicididae Cushman, 1927	Cibicides Montfort, 1808
	Rotalioidea Ehrenberg, 1839	Ammoniidae Saidova, 1981	Ammonia Brönnich, 1772
		Elphidiidae Galloway, 1933	Cribroelphidium Cushman & Brönnimann, 1948
		Bolivinitidae Cushman, 1927	Bolivina d'Orbigny, 1839 Fursenkoina Loeblich & Tappan, 1961
Rotaliida Delage & Hérourard, 1896	Serioidea Holzmann & Pawlowski, 2017	Cassidulinidae d'Orbigny, 1839	Cassidulina d'Orbigny, 1826 Globocassidulina Voloshinova, 1960
Textulariida	Textularioidea Ehrenberg, 1838	Textulariidae Ehrenberg, 1838	Textularia Defrance, 1824

Abundancia relativa de las especies identificadas en el total de la muestra

Las especies predominantes presentaron una abundancia relativa entre el 5-10% y fueron clasificadas como “poco abundantes”, mientras que aquellas especies con un porcentaje de ocurrencia > 5 % se clasificaron como “raras”.

Tabla B. Intervalos de abundancia relativa para cada especie identificada.

Especie	Ocurrencia
<i>Alabaminella weddellensis</i>	Rara
<i>Ammonia tepida</i>	Poco abundante
<i>Astrononion hamadaense</i>	Rara
<i>Astacolus crepidulus</i>	Rara
<i>Bolivina fragilis</i>	Rara
<i>Bolivina</i> sp.1	Poco abundante
<i>Bolivina</i> sp.2	Rara
<i>Bolivinellina translucens</i>	Rara
<i>Bulimina acuelata</i>	Rara
<i>Bulimina elongata</i>	Rara
<i>Bulimina gibba</i>	Poco abundante
<i>Bulimina marginata</i>	Poco abundante
<i>Bulimina patagonica</i>	Rara
<i>Bulimina pseudoaffinis</i>	Rara
<i>Bulimina pupoides</i>	Poco abundante
<i>Bulimina</i> sp.	Rara
<i>Buliminella elegantissima</i>	Poco abundante
<i>Buccella peruviana</i>	Rara
<i>Cancris auriculus</i>	Rara
<i>Cassidulina laevigata</i>	Rara
<i>Cassidulina</i> sp.	Rara
<i>Cibicides aknerianus</i>	Rara
<i>Cibicides lobatulus</i>	Rara
<i>Criboelphidium excavatum</i>	Rara
<i>Criboelphidium poeyanum</i>	Poco abundante
<i>Cribostomoides</i> sp.	Rara
<i>Cushmania fieldeniana</i>	Rara
<i>Epistominella exigua</i>	Rara
<i>Fissurina lucida</i>	Rara
<i>Fissurina quadricostulata</i>	Rara
<i>Fursenkoina complanata</i>	Rara
<i>Furseknoina pontoni</i>	Rara
<i>Glandulina laevigata</i>	Rara

<i>Glandulina sp.</i>	Rara
<i>Globocassidulina crassa</i>	Poco abundante
<i>Globocassidulina sp.</i>	Rara
<i>Globocassidulina subglobosa</i>	Poco abundante
<i>Grigelis gutifera</i>	Rara
<i>Hopkinsina pacifica</i>	Rara
<i>Hyalinonetrion gracillimum</i>	Rara
<i>Laevidentalia filiformis</i>	Rara
<i>Laevidentalina sp.2</i>	Rara
<i>Lagena laevigata</i>	Rara
<i>Lagena laevis</i>	Rara
<i>Lagena sp.</i>	Rara
<i>Lagena striata</i>	Rara
<i>Lagena sulcata</i>	Rara
<i>Lagenamma sp.</i>	Rara
<i>Laticarinina pauperata</i>	Rara
<i>Lenticulina gibba</i>	Rara
<i>Lenticulina variabilis</i>	Rara
<i>Massilina secans</i>	Rara
<i>Miliolinella subrotunda</i>	Rara
<i>Miolinella subrotunda</i>	Rara
<i>Miliolinella circularis</i>	Rara
<i>Neolenticulina peregrina</i>	Rara
<i>Neolenticulina variabilis</i>	Rara
<i>Nonionella auris</i>	Rara
<i>Nonionella opima</i>	Rara
<i>Nonionellina labradorica</i>	Rara
<i>Nonionoides grateloupii</i>	Rara
<i>Nonionoides turgida</i>	Rara
<i>Parafissurina himiatostoma</i>	Rara
<i>Poroepnoides lateralis</i>	Rara
<i>Procerolagena clavata</i>	Rara
<i>Procerolagena meridionalis</i>	Rara
<i>Protoglobulimina pupoides</i>	Rara
<i>Pseudononion japonicum</i>	Rara
<i>Prygo nasuta</i>	Rara

<i>Pyrgo peruviana</i>	Rara
<i>Pyrgo sp.</i>	Rara
<i>Pyrgo subsphaerica</i>	Rara
<i>Pyrgo williamsoni</i>	Rara
<i>Quinqueloculina frigida</i>	Rara
<i>Quinqueloculina laevigata</i>	Rara
<i>Quinqueloculina lamarckiana</i>	Rara
<i>Quinqueloculina milleti</i>	Rara
<i>Quinqueloculina seminula</i>	Rara
<i>Quinqueloculina sp.</i>	Rara
<i>Sagrina sp.</i>	Rara
<i>Saracenaria latiformis</i>	Rara
<i>Spiroloculina communis</i>	Rara
<i>Reussoolina stangeri</i>	Rara
<i>Textularia erlandi</i>	Rara
<i>Textularia foliacea</i>	Rara
<i>Trifarina angulosa</i>	Rara
<i>Triloculina tricarinata</i>	Rara
<i>Triloculina trigonula</i>	Rara
<i>Uvigerina elongata</i>	Rara
<i>Uvigerina peregrina</i>	Poco abundante
<i>Uvigerina sp.</i>	Rara
* Sin identificar	Raras

Planchas taxonómicas

Para representar los géneros y especies más abundantes encontrados en las muestras procesada se elaboraron cinco planchas de referencia taxonómicas.

La clasificación taxonómica de algunos especímenes” aún está siendo revisada por especialistas.



Figura 40. Plancha taxonómica (I) del Orden Rotaliida. La mayoría de los organismos de la plancha I fueron agrupados en la asociación BB.

1. *Bulimina patagonica*
2. *Bulimina marginanta*
3. *Bulimina accuelata*
4. *Bulimina gibba*
5. *Bulimina pseudoaffinis*
6. *Protoglobulina pupoides*
7. *Bolivina sp.1*
8. *Bolivina sp.2*
9. *Buliminella elegantissima*
10. *Uvigerina peregrina*
11. *Fursenkoina complanata*
12. *Fursenkoina complanata*
13. *Fursenkoina pontoni*
14. *Hopkinsina pacifica*
15. *Sin identificar*

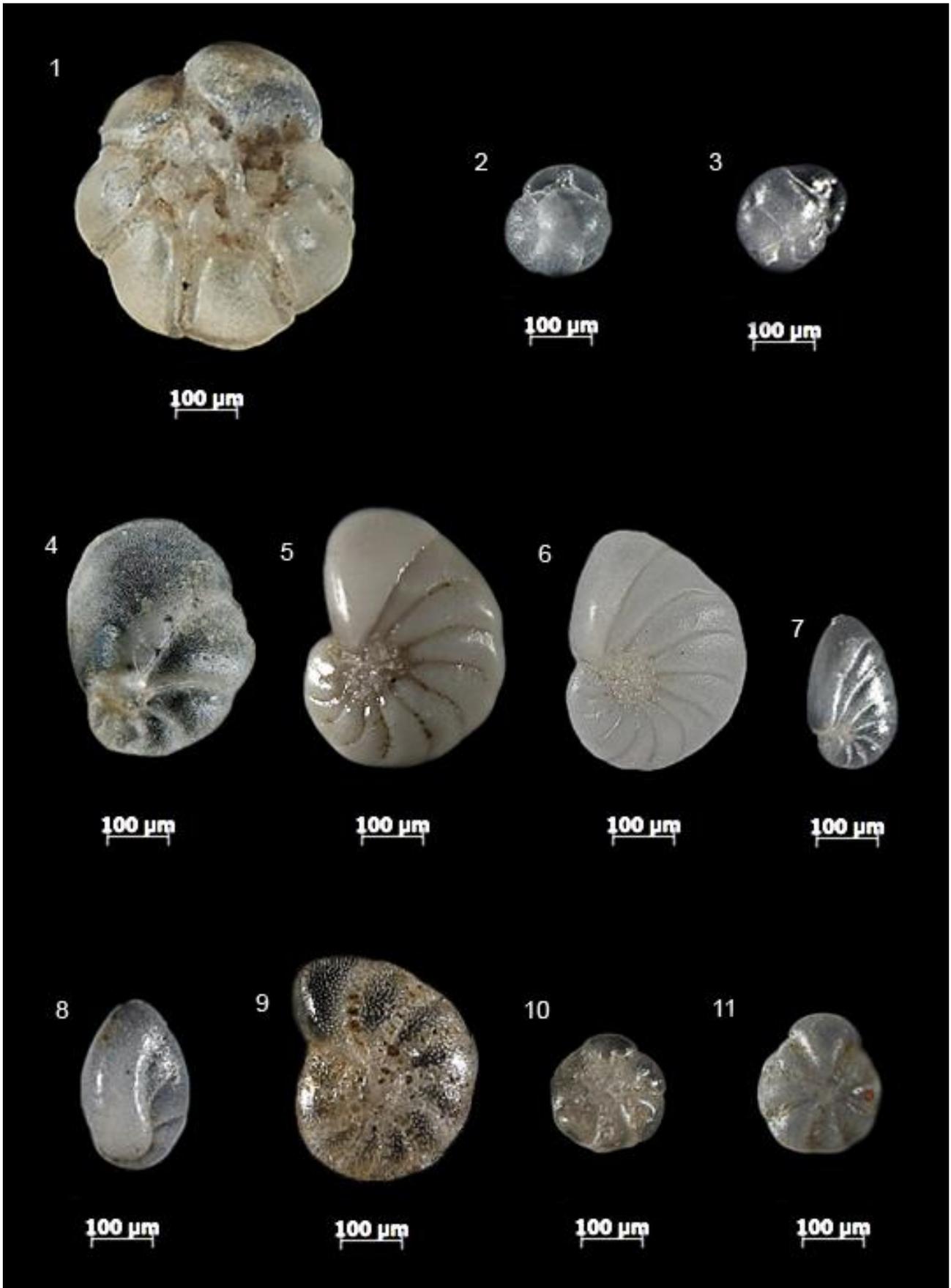


Figura 41. Plancha taxonómica (II) del orden Rotaliida. Se destacan especies agrupadas en la asociación AEN.

1. *Ammonia tepida*

2. *Globocassidulina crassa*

3. *Globocassidulina subglobosa*

4. *Cancris auriculus*

5. *Pseudononion japonicum* (ex. *Nonionella atlantica*)

6. *Pseudononion japonicum* (ex. *Nonionella atlantica*)

7. *Nonionella turgida*

8. *Nonionella opima*

9. *Criboelphidium poeyanum*

10. *Alabaminella weddellensis*

11. *Buccella peruviana*

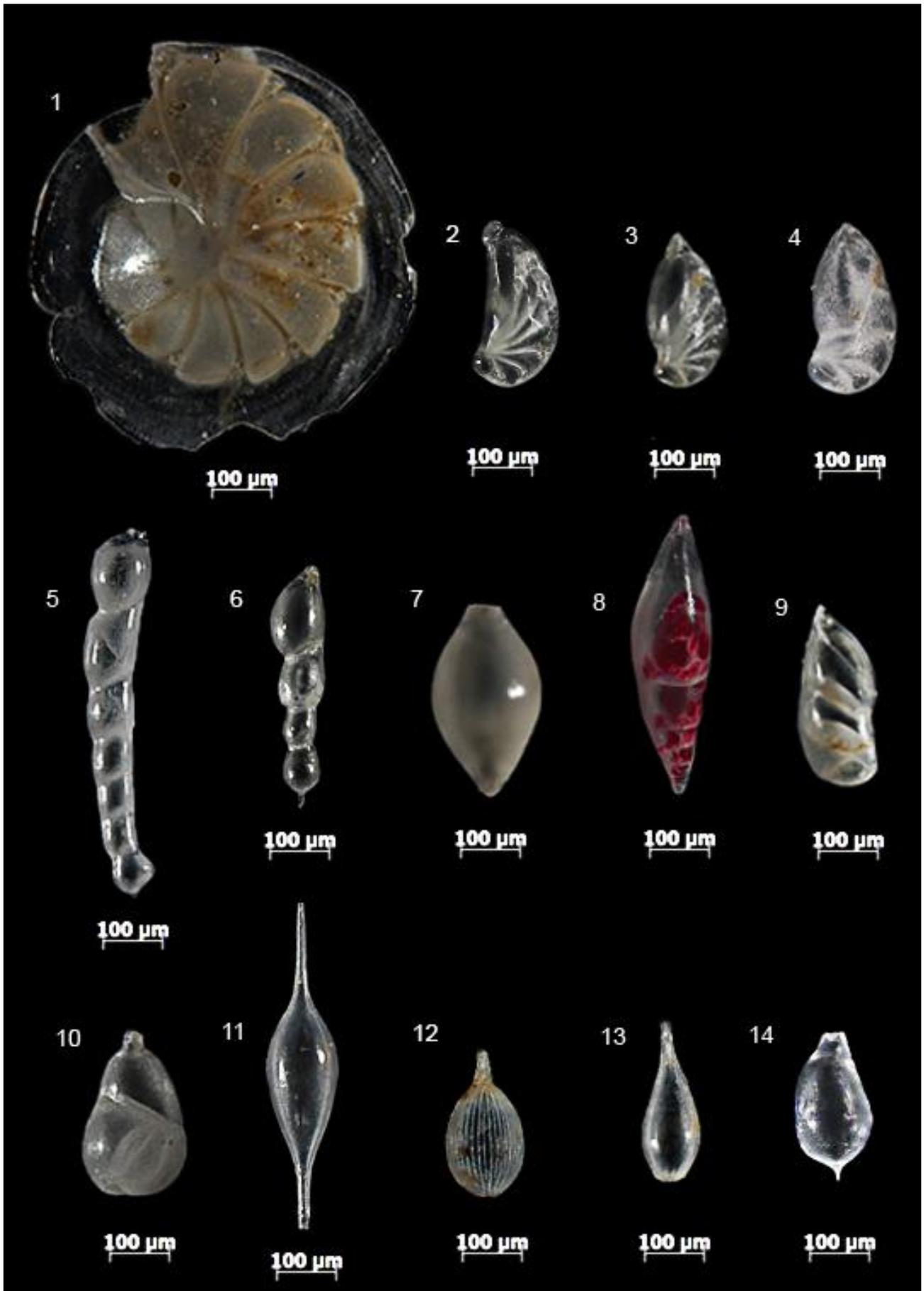


Figura 42. Plancha taxonómica (III) del Orden Lagenida.

PLANCHA III
ORDEN LAGENIDA

1. *Laticarinina pauperata*
2. *Astalocus crepidulus*
3. *Astalocus sp.*
4. *Astalocus sp.*
5. *Laevidentalina filiformis*
6. *Grigelis gutifera*
7. *Glandulina laevigata*
8. *Glandulina sp.*
9. *Neolenticulina variabilis*
10. *Neolenticulina variabilis*
11. *Hyalinonetrion gracillimum*
12. *Lagena striata*
13. *Procerolagena clavata*
14. *Reussolina stangeri*

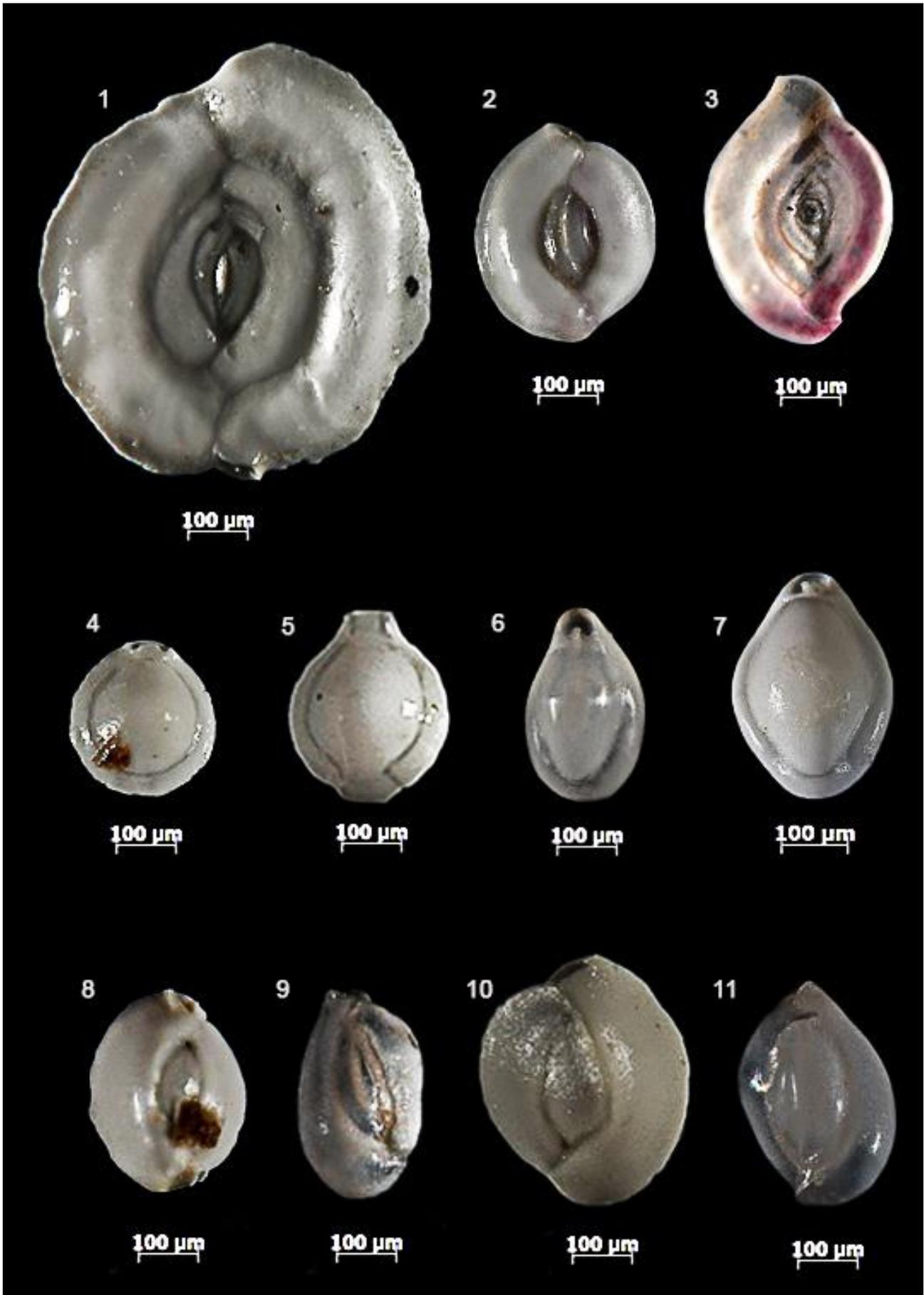


Figura 43. Plancha taxonómica (IV) del Orden Milioidia.

PLANCHA IV
ORDEN MILIOLIDA

1. *Miliolinella subrotuna*

2. *Massilina secans*

3. *Spiroloculina excavata*;

4. *Pyrgo peruviana*

5. *Pyrgo natsuta*

6. *Pyrgo subsphaerica*

7. *Pyrgo williamsoni*;

8. *Quinqueloculina sp.*

9. *Quinqueloculina milleti*

10. *Triloculina tricarinata*

11. *Quinqueloculina frigida*.

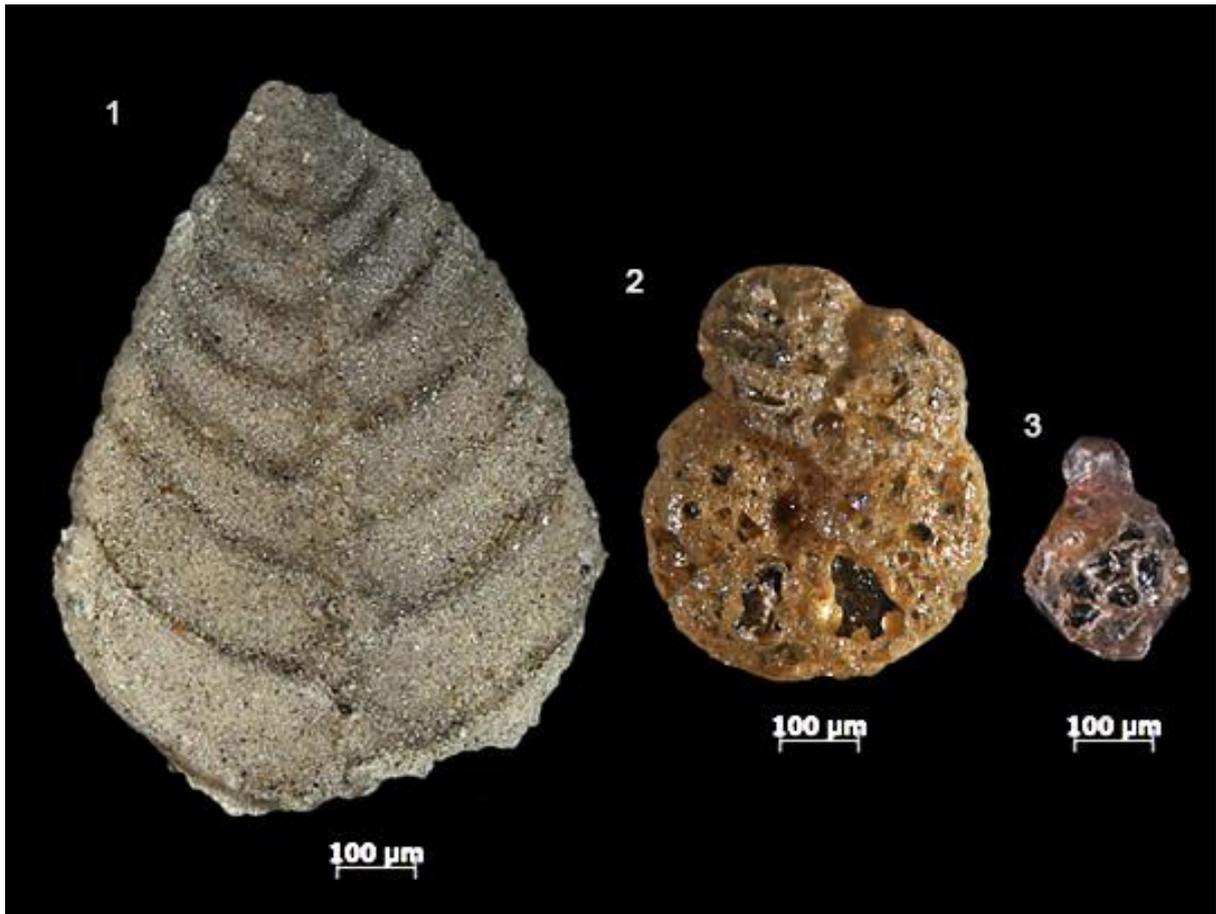


Figura 44. Foraminíferos aglutinantes de los órdenes Textulariia, Lituolida y Astrorhizida.

1. *Textularia cf. foliacea*

2. *Cribrostomoides sp.*

3. *Lagenammina sp.*

10. GLOSARIO

BPI (*Bathimetric Position Index*): Técnica espacial desarrollada por la NOAA, que resulta como uno de los productos del BTM (*Benthic Terrain Modeler*). Supone la elaboración de un índice de localización relativa, determinado por un algoritmo matemático que analiza la posición de un punto (pixel) en relación a la posición media de sus vecinos (clasificándolo como neutro, positivo, moderadamente positivo, muy positivo o negativo). Previa estandarización, se obtienen mapas de posicionamiento batimétrico, que se combinan con las bibliotecas disponibles para la clasificación de las características geomorfológicas del fondo, en función de la declividad y la profundidad, resultando en la determinación de la clase morfológica del punto. En este sentido, es importante percibir que es un valor adimensional que no expresa profundidad, sino la condición de un pixel en relación a su vecindario geográfico.

Cizallamiento (Tensión de): Fuerza sobre el fondo marino ejercida por la capacidad del oleaje (*swell*) de remover sedimento, siempre que la profundidad del substrato sea igual o menor que la mitad de su longitud de onda.

Epifauna: conjuntos de organismos que viven sobre el sustrato, ya sea anclados (sésiles) o desplazándose sobre el mismo (vágiles o errantes).

Infaua: conjuntos de organismos que viven dentro el sedimento a profundidades variables.

Marea astronómica: fenómenos de carácter determinista que obedece a las fuerzas presentes en el campo gravitacional del sistema Sol-Tierra-Luna.

Meiofauna: animales cuyo tamaño está comprendido entre 50-1.000 μm . Los foraminíferos son un componente importante de este grupo (Scott *et al.*, 2011).

Oscilaciones eustáticas: variación global del nivel del mar respecto a los continentes.

Procesos tafonómicos: Referente a tafonomía (del griego: “*tafos*” = sepultación, “*nomos*” = leyes); ciencia que estudia el proceso de preservación de los restos orgánicos y en el

registro sedimentario y como esos procesos afectan la calidad del registro fósil. Todas las leyes que gobiernan la transición de los restos de la biosfera hacia la litosfera.

Proxy: propiedad mensurable un registro geológico o ambiental, la cual, a través de un tratamiento estadístico o matemático, puede ser relacionada a un factor o a una combinación de factores (físicos, químicos, o biológicos) actuantes durante su formación y con un grado de incerteza (Hillaire-Marcel & de Vernal, 2007).

Sedimentos palimpsest: “Palimpsest” del griego *palímpsēstos*. Significa “*manuscrito antiguo que conserva huellas de una escritura anterior borrada para que un nuevo sea escrito*”. En geo-ciencias, el término ‘palimpsesto’ se emplea para referirse sedimentos retrabajados, con vestigios de otras épocas (sedimentos relictos). En el contexto de la plataforma, se suele usar para aquellos sedimentos que restaron después de la erosión y deposición de sedimentos nuevos dentro de una cuenca sedimentaria, durante un período de bajo nivel del mar.

Sedimentos relictos: Al contrario de los sedimentos modernos o en equilibrio, que son transportados por procesos actuales para la zona de sedimentación, los sedimentos relictos son remanes de ambientes pretéritos (por ejemplo, testimonios de períodos con nivel medio del mar más bajo) y, por tanto, se encuentran en desequilibrio con las condiciones prevalecen hoy en un determinado local. Se distinguen por presentar características granulométricas y texturales típicas del ambiente pretérito. Son muy frecuentes en las plataformas continentales, evidenciando las fluctuaciones eustáticas del Cuaternario.