



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

TESIS DE DOCTORA EN GEOLOGÍA

RECONSTRUCCIÓN DE CAMBIOS
PALEOAMBIENTALES EN EL ESTUARIO DE BAHÍA
BLANCA Y ÁREAS ADYACENTES DE LA
PLATAFORMA DURANTE EL HOLOCENO A TRAVÉS
DE REGISTROS PALINOLÓGICOS,
SEDIMENTOLÓGICOS Y GEOCRONOLÓGICOS.

Diana Aillen Franco Arias

Geóloga

BAHÍA BLANCA

ARGENTINA

2018

PREFACIO

Esta Tesis es presentada como parte de los requisitos para optar al grado académico de Doctor en Geología, de la Universidad Nacional del Sur y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad u otras. En la misma se analizan testigos extraídos por el Instituto Argentino de Oceanografía (IADO, CONICET-UNS) y el Instituto Geológico del Sur (INGEOSUR, CONICET-UNS). La misma contiene los resultados obtenidos en investigaciones llevadas a cabo en el Laboratorio de Palinología “Vivian García” del Departamento de Geología-INGEOSUR, durante el período comprendido entre marzo de 2012 y marzo de 2017, bajo la dirección de la Dra. Claudia Marcela Borel, Investigadora Adjunta del Instituto Geológico del Sur (CONICET-UNS), y el Dr. Eduardo A. Gómez, Investigador Independiente del Instituto Argentino de Oceanografía (CONICET-UNS) y Profesor del Dpto. de Ingeniería de la UTN FRBB.

Fecha: Marzo de 2018

Diana Aillen Franco Arias



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

Secretaría General de Posgrado y Educación Continua

La presente tesis ha sido aprobada el/...../....., mereciendo la calificación de(.....)

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi profundo agradecimiento a las Instituciones y personas que contribuyeron a la realización de este trabajo.

Al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) por otorgarme las becas de Postgrado tipo I y tipo II con Países Latinoamericanos (2011-2016) y al Departamento Administrativo de Ciencia y Tecnología e Innovación de Colombia (COLCIENCIAS) por su aval.

Agradezco también a la Agencia Nacional para la Promoción Científica y Tecnológica de Argentina (ANPCyT) y CONICET por los subsidios que posibilitaron la concreción de esta tesis.

Al INGEOSUR (Universidad Nacional del Sur-CCT CONICET Bahía Blanca), por permitir ser mi lugar de trabajo y al IADO.

A la Dra. Claudia Marcela Borel y el Dr. Eduardo Gomez por la confianza depositada para llevar a cabo este trabajo y el apoyo durante el tiempo necesario para cumplir con los objetivos propuestos. A Marcela especialmente por la enseñanza en los primeros pasos en el tema de Palinología y el acompañamiento en todo el proceso.

Al Dr. Juan Diego Colegial Gutierrez por su aporte en la cooperación con Colombia. A mi familia que siempre fue el motor para seguir cada mañana a pesar de la distancia.

A la Dra. Verónica Guler, por los importantes aportes en los estudios taxónomicos, el apoyo laboral y social en todo el proceso. A la Dra. Raquel Guerstein por permitir disponer de los instrumentos para realizar algunas actividades complementarias de la tesis. A las evaluadoras: Dras Isabel Vilanova, Daniela Kröhling y Ana Borromei que con sus sugerencias contribuyeron a mejorar la presentación de esta Tesis.

A Julieta Carbonella y a Facundo Barrera por proporcionarme información sobre los testigos. A todos los integrantes del grupo de Palinología: Mirta Quattrocchio, Marcelo Martinez, Daniela Olivera, Elina Cornou, Ana Borromei, Lorena Musotto, Soledad Candel, Luciano Baraldi, Silvia Grill y Ana Fernández, por el apoyo y el acompañamiento en el mejoramiento de las técnicas usadas para el procesamiento de las muestras.

A todos mis compañeros de oficina: María Sol González, Rodrigo Tomassini, Melisa Paolillo, Paula Martz y Sabrina Fuentes por el compartir y el aguante todo el tiempo.

A mis compañeros de tesistiendo Miguel, Carlitos y Agustina, con quienes compartí gran parte de la etapa de escritura alrededor de un café y la mejor energía para seguir.

A mi gran grupo de amigos de la vida Colombianos por compartir, por la amistad: Lorena, Claudia C., Raquel, Joe, Francisco, Manuel, Julián, Andrés Arteaga, Andrés Anzola, Jorge G, Julie, Jorge A., Carlos Cardoso y especialmente a Mayra Carolina, Jhovany, Cristina, Yesenia, Carlos A. y Mauricio, quienes fueron los más cercanos en muchos momentos.

A mis amigos Argentinos: Martina, Verónica Castro, Elena, Flor, Ivana, Maxi, Melisa y Sabrina Angeletti porque me abrieron las puertas de su corazón, brindando siempre amistad incondicional.

RESUMEN

En esta Tesis se reconstruyeron los cambios paleoambientales ocurridos durante el Holoceno en el estuario de Bahía Blanca y áreas adyacentes de la Plataforma Argentina en relación con las fluctuaciones del nivel medio del mar (NMM), en base a indicadores (*proxies*) de origen continental y marino. Para lograr este objetivo se analizó el contenido de polen, de quistes de dinoflagelados (dinoquistes) y acritarcos, así como también de palinomorfos no polínicos (algas, cianobacterias, esporas fúngicas y huevos de invertebrados) provenientes de tres testigos sedimentarios datados radiocarbónicamente. Los testigos sedimentarios analizados palinológicamente fueron extraídos de depósitos localizados por debajo del NMM actual, correspondientes al último evento transgresivo/regresivo registrado en la plataforma argentina. Se seleccionaron tres sitios a lo largo de un gradiente de distancia a la costa actual del estuario. Desde la zona más cercana a la costa, el primero se ubica en la parte media del estuario: Canal Tres Brazas (CTB; 38°53'51,64" S; 62°14'44,72" O). El segundo se ubica en la zona exterior al estuario (KP60BIS; 39°08'34,87" S; 61°46'10,03" O) y el tercero en la plataforma interior (PD24; 39°20' S; 61°27' O). Los espectros polínicos y los ensambles de dinoquistes fósiles se compararon con los datos palinológicos obtenidos para las muestras de sedimentos actuales del Canal Tres Brazas (TA a TE), Canal del Medio (CM) y Villa del Mar (VM). Las interpretaciones paleoambientales de los testigos fósiles se realizaron utilizando como análogo el análisis de polen, dinoquistes y acritarcos de las muestras superficiales del estuario y de una transecta realizada en la zona denominada El Rincón, ubicada al sur de dicho estuario. Las tres secuencias fósiles representando el intervalo comprendido entre los *ca.* 7.400 y los 1.900 ¹⁴C años A.P., indican el desarrollo de las comunidades halófilas en las marismas costeras, la presencia de arbustales en zonas más altas circundantes a las marismas del estuario y el aporte del bosque xerofítico. El análisis sedimentológico evidencia que la depositación estuvo controlada por acción de las mareas, en las secciones que representan paleoambientes más cercanos a la línea de costa (CTB y tramos superiores de KP60BIS y PD24), y por condiciones de mayor energía en las secciones depositadas en paleoambientes de la zona nerítica interna (tramos inferiores de KP60BIS y PD24). Los ensambles de dinoquistes revelan intervalos con importante contenido de nutrientes en el agua de mar, vinculados con un mayor aporte fluvial posiblemente del paleo-río Colorado. Estos intervalos se evidencian en las tres secuencias; en la secuencia PD24 entre los *ca.* 7.400 y los 6.900 ¹⁴C años A.P., en la secuencia CTB entre los *ca.* 5.100 y los 4.700 ¹⁴C años A.P. y en la secuencia KP60BIS entre los *ca.* 2.200 y los 1.900 ¹⁴C A.P. La contribución realizada en esta Tesis permite complementar el conocimiento existente sobre el comportamiento del NMM, detallar las variaciones paleoambientales e inferir las condiciones paleoceanográficas en el estuario de Bahía Blanca y la plataforma interna durante el Holoceno.

ABSTRACT

In this Thesis, the paleoenvironmental changes were reconstructed linked to the Holocene mean sea level (MSL) fluctuations at the Bahía Blanca estuary and adjacent areas of the Argentine Shelf that were based on the analyses of proxy-data of continental and marine origin. With this aim, records of pollen, dinoflagellate cysts (dinocysts) and acritarchs as well as non-pollen palynomorphs (algae, cyanobacteria, fungal spores and invertebrate eggs) of three cores of radiocarbon dated sediments were analyzed. The sedimentary cores palynologically analyzed were obtained from deposits located below the current MSL, and correspond to the last transgressive/regressive event registered in the Argentine Shelf. Three sites were selected for coring along increasing distance from the estuary coast toward offshore. From the area closest to the coast, the first core, located in the mid-inner zone of the estuary, is the Tres Brazas Channel (CTB; 38°53'51,64" S; 62°14'44,72" O), the second is located in the outer zone of the estuary (KP60BIS; 39°08'34,87" S; 61°46'10,03" O) and the third on the inner shelf (PD24; 39°20' S; 61°27' O). The fossil pollen spectra and dinocyst assemblages were compared with the counterpart data obtained from the modern sediments samples collected from Tres Brazas Channel (TA to TE), Medio Channel (CM), and Villa del Mar (VM). The paleoenvironmental interpretations were performed using the modern counterpart as an analog, which also included the surface samples collected from the bottom of the shelf at El Rincón sector. The three fossil sequences encompassing the interval between *ca.* 7.400 and 1.900 ¹⁴C yr. B.P., indicate the development of the halophytic communities on the coastal marshes, the presence of shrubs in the highest zones surrounding the estuarine marshes, and the contribution of the xerophytic woodland. In the sections closest to the coastline (CTB and upper sections of PD24 and KP60BIS), the sedimentological analysis evidences that the deposition was controlled by tidal action; whereas in the sections deposited in paleoenvironments of the inner neritic zone (lower sections of PD24 and KP60BIS), deposition was controlled by higher energy conditions. The dinocyst assemblages show intervals with important nutrient rate in the seawater linked to a higher fluvial contribution possibly of Colorado paleoriver. These intervals are evident in the three sequences; in the PD24 between *ca.* 7.400 and 6.900 ¹⁴C yr. B.P., in the CTB between *ca.* 5.100 and 4.700 ¹⁴C yr. B.P., and in the KP60BIS between *ca.* 2.200 and 1.900 ¹⁴C yr. B.P. The contribution made in this Thesis complement the existing knowledge about behavior of the MSL, detailing the Holocene paleoenvironmental variations and paleo-oceanographic conditions in the Bahía Blanca estuary and the inner shelf.

Contenido

PREFACIO.....	I
AGRADECIMIENTOS	II
RESUMEN.....	III
ABSTRACT	IV
Lista de Figuras	IX
Lista de Tablas.....	XII
Lista de Láminas.....	XIII
I. INTRODUCCIÓN	1
I.1 Estudios del Holoceno en la región.....	4
I.2 Hipótesis y objetivos	9
I.2.1 Hipótesis	9
I.2.2 Objetivo general	9
I.2.3 Objetivos específicos.....	9
I.3 Ubicación y características del área de estudio.....	11
I.3.1 Características físicas	11
I.3.2 Características climáticas	15
I.3.3 Vegetación regional y local.....	16
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
II.1 Fase de Campo	19
II.1.1 Muestreo superficial actual	19
II.1.2 Muestreo fósil.....	22
II.2 Fase de Laboratorio.....	34
II.3 Fase de Gabinete	36
II.3.1 Análisis microscópico	36
II.3.2 Análisis de datos.....	36

III. SISTEMÁTICA	40
Lista Taxonómica de especies de quistes de dinoflagelados identificados.....	40
IV. ANÁLISIS PALINOLÓGICO ACTUAL	80
IV.1 Relación de los espectros polínicos y la vegetación.....	80
IV.2 Espectros polínicos de Villa del Mar, Canal del Medio y transecta Canal Tres Brazas: resultados	86
IV.2.1 Marisma baja con <i>Spartina alterniflora</i> ubicada en la parte media-externa del estuario y con efecto antrópico	86
IV.2.2 Marismas medias con <i>Spartina alterniflora</i> ubicadas en el sector medio-interno del estuario.....	86
IV.2.3 Planicies de marea media y baja sin vegetación	86
IV.3 Interpretación de los espectros polínicos actuales.....	87
IV.4 Espectros de palinomorfos no-polínicos (PNPs) de Villa del Mar, Canal del Medio y transecta Canal Tres Brazas: resultados e interpretación	92
IV.5 Dinoquistes en transecta de El Rincón: resultados e interpretación.....	96
V. TESTIGO CANAL TRES BRAZAS	101
Introducción.....	101
V.1 Sedimentología	101
V.2 Descripción de los espectros polínicos	101
Subzona TB-PIa (500-280 cm)	102
Subzona TB-PIb (280-125 cm).....	102
Zona TB-PII (125-0 cm)	102
V.2.1 Relación Poaceae/Chenopodiaceae (P/Ch).....	104
V.3 Análisis de Correspondencia Destendenciado (ACD).....	104
V.4 Análisis de Componentes Principales (ACP)	106
V.4.1 Caracterización de las muestras palinológicas en función de las CP.....	110

V.5 Descripción de los espectros de dinoquistes y otros palinomorfos no polínicos (PNPs)	114
Subzona TB-DIa (500-251 cm)	114
Subzona TB-DIb (251-74 cm)	114
Zona TB-DII (74-0 cm)	116
V.6 Relación Polen/Dinoquistes (P/Q)	116
V.7 Discusión	117
VI. TESTIGO KP60BIS	123
Introducción	123
VI.1 Sedimentología	123
VI.2 Descripción de los espectros polínicos	123
Zona KP60BIS-PI (400-305 cm)	124
Zona KP60BIS-PII (305-0 cm)	124
VI.2.1 Relación Poaceae/Chenopodiaceae (P/Ch)	125
VI.3 Descripción de los espectros de dinoquistes y otros palinomorfos no polínicos	127
Subzona KP60BIS-DIIa (245-55 cm)	128
Subzona KP60BIS-DIIb (55-0 cm)	130
VI.4 Relación Polen/Dinoquistes (P/Q)	130
VI.5 Discusión	130
VII. TESTIGO PD24	139
Introducción	139
VII.1 Sedimentología	139
VII.2 Descripción de los espectros polínicos	139
Subzona PD24-PIa (249-145 cm)	140
Subzona PD24-PIb (145-76 cm)	140
Zona PD24-PII (76-0 cm)	140

VII.2.1 Relación Poaceae/Chenopodiaceae (P/Ch)	143
VII.3 Descripción de los espectros de dinoquistes y otros palinomorfos no polínicos (PNPs)	143
Subzona PD24-DIa (249-218 cm)	145
Subzona PD24-DIb (218-81 cm)	145
Zona PD24-DII (81-0 cm)	145
VII.4 Relación Polen/Dinoquistes (P/Q)	146
VII.5 Indicadores geoquímicos.....	146
VII.5.1 Isótopos estables de C ($\delta^{13}\text{C}$), N ($\delta^{15}\text{N}$), relación C/N y su interpretación	148
VII.6 Discusión.....	150
VIII. DISCUSIÓN GENERAL.....	156
Holoceno temprano a medio (8.200-7.500 cal. años A.P.).....	156
Holoceno medio (7.000-3.500 cal. años A.P.).....	158
Holoceno tardío (últimos 3.500 cal. años A.P.).....	161
IX. CONCLUSIONES	167
X. BIBLIOGRAFÍA.....	171

Lista de Figuras

Figura 1. Mapa de unidades geomorfológicas del estuario de Bahía Blanca.....	11
Figura 2. a. Mapa de localización del área de estudio. b. Ubicación de los testigos fósiles estudiados: Canal Tres Brazas (CTB), KP60BIS y PD24. c. Localización en El Rincón de los dos sistemas frontales.....	14
Figura 3. Tipos climáticos y unidades de vegetación.....	15
Figura 4. Mapa de comunidades de vegetación de la zona intermareal y costera del estuario de Bahía Blanca b). Ubicación de los puntos de muestreo superficial. 1) Canal del Medio, 2) Canal Tres Brazas y 3) Villa del Mar.	18
Figura 5. a. Mapa de ubicación de los puntos de muestreo superficial: Canal Tres Brazas (TA, TB, TC, TD y TE), Canal de Medio (CM) y Villa de Mar (VM). b. detalle de la transecta del Canal Tres Brazas.....	20
Figura 6. Transecta y ambientes del muestreo superficial del Canal Tres Brazas.	21
Figura 7. Ubicación de los puntos de muestreo de sedimentos superficiales de la transecta El Rincón.	22
Figura 8. Esquema de perforación del Testigo Canal Tres Brazas. Relación con las muestras actuales y el nivel medio del mar.....	24
Figura 9. Fotografía del Testigo Canal Tres Brazas completo, antes de realizar el muestreo.	25
Figura 10. Análisis granulométrico y unidades litológicas del Testigo Canal Tres Brazas.....	26
Figura 11. Fotografía del Testigo KP60BIS, antes de realizar el muestreo.	29
Figura 12. Análisis granulométrico del Testigo KP60BIS.....	30
Figura 13. Fotografía del Testigo PD24, antes de realizar el muestreo.	31
Figura 14. Análisis granulométrico del Testigo PD24.....	33
Figura 15. Diagrama de frecuencias relativas y concentración total del polen superficial de la transecta Canal Tres Brazas (TA, TB, TC, TD, TE), de Villa del Mar (VM) y de Canal del Medio (CM). Análisis de agrupamiento no restringido y ambientes.	91
Figura 16. Diagrama de frecuencias relativas de dinoquistes, acritarcos, algas clorofíceas y elementos del zooplancton de las muestras superficiales de la transecta Canal Tres Brazas (TA-	

TB-TC-TD-TE), de Villa del Mar (VM) y de Canal del Medio (CM). Concentración total de dinoquistes. Sub-ambiente.	93
Figura 17. Variación de las condiciones de salinidad en la transecta de El Rincón.	97
Figura 18. Variación de las condiciones de temperatura en la transecta de El Rincón.....	97
Figura 19. Diagramas circulares de los espectros palinológicos de la transecta de El Rincón.	97
Figura 20. Diagrama de frecuencias relativas y concentración polínica total del Testigo Canal Tres Brazas. Zonas polínicas de acuerdo al análisis de agrupamiento. Relación P/Ch.	103
Figura 21. a) Marcación de las variables del polen. b) ACD combinando las muestras actuales de superficie y las muestras del Testigo fósil Canal Tres Brazas.	106
Figura 22. a) Representación de las muestras en el plano de las dos primeras componentes. b) Representación de las muestras en el plano de la primera y la tercera componente.....	108
Figura 23. Análisis de las muestras del Testigo CTB en función de las tres componentes principales.	113
Figura 24. Diagrama de frecuencias relativas de los dinoquistes, algas clorofíceas, acritarcos y elementos del zooplancton del Testigo Canal Tres Brazas. Edades ¹⁴ C. Unidades litológicas. Suma de dinoquistes. Suma de PNPs acuáticos. Concentración total de dinoquistes. Zonas palinológicas de acuerdo al análisis de agrupamiento CONISS. Relación P/Q.....	115
Figura 25. Diagrama de frecuencias relativas de polen y esporas del Testigo KP60BIS. Edades ¹⁴ C. Unidades litológicas. Concentración total del polen. Zonas polínicas de acuerdo al análisis de agrupamiento (CONISS). Relación P/Ch.	126
Figura 26. Diagrama de frecuencias relativas de los dinoquistes, algas clorofíceas, acritarcos y elementos del zooplancton del Testigo KP60BIS. Edades ¹⁴ C. Unidades litológicas. Concentración total de dinoquistes. Zonas palinológicas de acuerdo al análisis de agrupamiento (CONISS). Relación P/Q.....	129
Figura 27. Diagrama de frecuencias relativas de polen y esporas y concentración total del polen del Testigo PD24. Edades ¹⁴ C. Unidades litológicas. Concentración total del polen. Zonas polínicas de acuerdo al análisis de agrupamiento (CONISS). Relación P/Ch.	142
Figura 28. Diagrama de frecuencias relativas de los dinoquistes, algas clorofíceas, acritarcos y elementos del zooplancton del Testigo PD24. Edades ¹⁴ C. Unidades litológicas. Concentración	

total de dinoquistes. Zonas palinológicas de acuerdo al análisis de agrupamiento (CONISS). Relación P/Q.	144
Figura 29. Comparación de los indicadores palinológicos (P/Ch), (H/F), (P/Q) con los indicadores geoquímicos: contenido de Nitrógeno total (Ntot), contenido de Carbono orgánico (Corg), relación Carbono / Nitrógeno (C/N), relación isotópica de C ($\delta^{13}\text{C}$) y relación isotópica de N ($\delta^{15}\text{N}$).	148
Figura 30. Resumen de la interpretación paleoambiental de los Testigos CTB, PD24 y KP60BIS estudiados en esta Tesis.....	164
Figura 31. Mapa de ubicación de los sitios mencionados en la comparación paleoambiental regional.....	165
Figura 32. Comparación de los cambios paleoambientales reconstruidos en esta Tesis (Sitios: 7, 8 y 9) con otros estudios regionales durante el Holoceno.....	166

Lista de Tablas

Tabla 1. Ubicación y características de los sitios donde se obtuvieron las muestras de superficie en el sector medio del estuario de Bahía Blanca.	19
Tabla 2. Ubicación y profundidad de las muestras actuales de la transecta de El Rincón.	21
Tabla 3. Relación profundidades medidas y profundidades reales del Testigo Canal Tres Brazas.	24
Tabla 4. Descripción sedimentológica y unidades litológicas del Testigo Canal Tres Brazas.	26
Tabla 5. Dataciones radiocarbónicas y edades calibradas del Testigo Canal Tres Brazas.	27
Tabla 6. Descripción sedimentológica y unidades litológicas del Testigo KP60BIS.	28
Tabla 7. Dataciones radiocarbónicas del Testigo KP60BIS.	30
Tabla 8. Descripción sedimentológica y unidades litológicas del Testigo PD24.	32
Tabla 9. Dataciones radiocarbónicas del Testigo PD24.	33
Tabla 10. Relación entre el número de muestra, la profundidad y el número de preparado estudiado.	34
Tabla 11. Especies biológicas correspondientes y distribución en sedimentos actuales de los dinoquistes fósiles registrados en los testigos analizados.	64
Tabla 12. Tipos polínicos registrados en los Testigos CTB, PD24 y KP60BIS, su hábito y distribución.	84
Tabla 13. Estaciones de la transecta de El Rincón y las condiciones de temperatura (T °C), salinidad (S ‰) y los porcentajes de los dinoquistes fototróficos, heterotróficos y acritarcos.	96
Tabla 14. Lista de dinoquistes registrados en las muestras actuales con nombre palinológico y su afinidad biológica.	98
Tabla 15. a) Lista de tipos polínicos agrupados para el Testigo Canal Tres Brazas y las muestras actuales de la transecta del Canal Tres Brazas, de Canal del Medio y de Villa del Mar. b) Autovalores de la matriz de correlación y los valores de varianza total asociada con las CP en el orden de autovalores.	107

Lista de Láminas

- Lámina 1. Quistes de dinoflagelados fototróficos identificados los tres testigos de sedimentos estudiados. A-D, *Operculodinium centrocarpum*; E-H *Operculodinium centrocarpum* de procesos cortos; I-L, *Lingulodinium machaerophorum*; M-P, *Lingulodinium machaerophorum*; Q-T, *Melitasphaeridium choanophorum*..... 72
- Lámina 2. Quistes de dinoflagelados fototróficos identificados en los tres testigos de sedimentos estudiados. A-D, *Melitasphaeridium choanophorum*; E-H, *Melitasphaeridium choanophorum*; I-L *Pentapharsodinium dalei*; M-P, *Spiniferites bentorii*; Q-T, *Spiniferites bulloideus* 73
- Lámina 3. Quistes de dinoflagelados fototróficos identificados en los tres testigos de sedimentos estudiados. A-D, *Spiniferites mirabilis*; E-H, *Spiniferites ramosus*; I-L, *Spiniferites* cf. *pachydermus*..... 75
- Lámina 4. Quistes de dinoflagelados heterotróficos identificados en los tres testigos de sedimentos estudiados. A-B, *Islandinium minutum*; C-D, *Islandinium minutum*, de procesos largos; E-F, *Islandinium minutum*; G-H, *Islandinium cezare*; I-L, *Archaeoperinidinium* sp. A.; M-P, *Archaeoperinidinium* sp. B.; Q-R, *Echinidinium* cf. *delicatum*; S-T, *Echinidinium* cf. *delicatum* 76
- Lámina 5. Quistes de dinoflagelados heterotróficos identificados en los tres testigos de sedimentos estudiados. A, *Brigantedinium simplex*; B-C, *Brigantedinium cariacense*; D, *Brigantedinium* spp.; E-H, *Selenopemphix quanta*; I-L, *Selenopemphix* sp.; M-O, *Lejeunecysta* sp. A.; P, *Lejeunecysta* sp. A.; Q-R, *Lejeunecysta* sp. B.; S-T, *Lejeunecysta* sp. B 77
- Lámina 6. Quistes de dinoflagelados heterotróficos identificados en los testigos estudiados. A-D, *Stelladinium stellatum*; E-H, *Votadinium calvum*; I-L, *Votadinium spinosum*; M-P, *Dubridinium* spp.; Q-T, *Polykrikos schwartzii* 78

I. INTRODUCCIÓN

En la plataforma interior argentina, en el sur de la provincia de Buenos Aires, se localiza un área marina que debido a su forma es llamada “El Rincón” (Figura 1). Este área se ubica en la cuenca sedimentaria del Colorado, que lleva el nombre por el río homónimo el cual fluye por más de 900 km desde los Andes hasta la costa atlántica, donde también desemboca el Río Negro. Debido a su disposición, la región de El Rincón es una de las áreas mejor protegidas de la plataforma argentina, por lo que es el sitio donde los depósitos de los antiguos deltas de los ríos Colorado y Negro han tenido mayores posibilidades de quedar preservados de la acción erosiva ocurrida durante el hemicycle transgresivo del nivel del mar del Holoceno.

En el extremo noroeste de este sector se ubica el estuario de Bahía Blanca, el que constituye un escenario con particulares características hidrogeológicas, sedimentológicas y geomorfológicas, apropiadas para hacer estudios palinológicos y micropaleontológicos con la finalidad de investigar los cambios de las condiciones ambientales originados por las variaciones climáticas y las fluctuaciones del nivel relativo del mar durante el Holoceno.

En primer lugar, se presentan importantes depósitos marino-marginales como archivos paleoambientales de los cambios ocurridos en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires durante los últimos 10.000 años. Particularmente, el aporte sedimentario de origen fluvial es escaso actualmente y no ha sido importante al menos durante los últimos 5.000 años, por lo que las secuencias sedimentarias del área resultan adecuadas para efectuar estudios sobre las variaciones del nivel medio del mar (NMM) durante el último evento transgresivo-regresivo. La distribución de los diversos materiales sedimentarios (grava, arena y limo-arcilla) obedece exclusivamente a la redistribución de los mismos por procesos hidrodinámicos realizados por las corrientes de marea, las olas y el viento. Es así que donde las corrientes de marea ejercen gran influencia (canales), los sedimentos predominantes son arena y grava transportadas como carga de fondo, en forma de dunas subacuáticas de arena conformando depósitos de arena inter y submareales en la desembocadura de canales. Por el contrario, el material cohesivo fino (limo y arcilla) al ser erosionado, es transportado en suspensión y puede depositarse y mantenerse depositado sólo en aquellos lugares con muy baja energía ambiental. Es así que la depositación de los sedimentos finos ocurre en las franjas intermareales del estuario interior, conformando las denominadas planicies de marea. En cambio, en los sectores intermareales más expuestos, se forman cordones areno-conchilíferos que se relacionan con eventos de tormenta. En el estuario de Bahía Blanca los depósitos antiguos conformados por material cohesivo fino indican no sólo paleoambientes de baja energía, sino también sectores intermareales, mientras que los

cordones areno-conchilíferos evidencian alta energía ambiental y niveles de pleamares de tormenta. Estos últimos han sido los rasgos más frecuentemente usados en el estuario de Bahía Blanca para la determinación de antiguos NMM durante el Holoceno (Farinati, 1985; González, 1989; Aliotta y Farinati, 1990; Spagnuolo, 2005), a pesar de sus limitaciones para ello.

En segundo lugar, la región de estudio seleccionada está incluida en la zona templada y es afectada por dos masas de aire: una marítima húmeda y cálida del Atlántico Sud, y la otra fría proveniente del Pacífico Sud, que se convierte en seca antes de atravesar la región Patagónica. De acuerdo a la clasificación climática de Burgos y Vidal (1951), existe un gradiente importante de precipitación en el límite entre dos tipos climáticos: sub-húmedo seco y semiárido. Estas características de región de transición en el aspecto climático también se presentan en términos de vegetación, ya que convergen tres unidades de vegetación: el Pastizal pampeano, el Bosque xerofítico y el Monte (Cabrera, 1976). Hacia el oeste, la progresiva deficiencia de humedad y el dominio de suelos arenosos son desfavorables para el desarrollo de la vegetación herbácea y crean las condiciones para el desarrollo del bosque xerofítico abierto con raíces profundas que limita con el pastizal pampeano.

Oceanográficamente, el sector interior de la plataforma continental adyacente al estuario de Bahía Blanca conocido como “El Rincón”, está controlado por dos sistemas frontales: uno originado por el encuentro entre aguas costeras diluidas por efecto de los aportes fluviales de los ríos Colorado y Negro, con aguas de salinidades altas provenientes del Golfo San Matías y el otro, más externo, ubicado entre estas aguas de alta salinidad y las de la plataforma media de salinidad marina normal. El frente salino costero, de orientación N-S, es altamente sensible a cambios de caudal fluvial ligados al desplazamiento de la Diagonal Árida (que se extiende desde los 32° y 52° S en Argentina), producidos por fenómenos de escala global, originados por causas astrofísicas, tales como la denominada Pequeña Edad de Hielo, o por impactos diferenciales de El Niño (ENSO: El Niño *Southern Oscillation*) en la zona costera o cordillerana.

Por todo lo anteriormente expuesto, la región es una zona ecotonal, sensible a los cambios climáticos y a las fluctuaciones del NMM, e interesante para investigar las respuestas ambientales a dichas variaciones durante el Holoceno. Sin embargo, existen pocos estudios soportados en datos cronológicos, sedimentológicos, micropaleontológicos y/o palinológicos que expliquen la evolución del área del estuario de Bahía Blanca y plataforma interior adyacente. La geología de los depósitos submarinos es poco conocida debido principalmente a las dificultades propias que presenta la obtención de información en el ambiente subácueo.

El evento transgresivo que tuvo lugar a partir de la deglaciación posterior al Último Máximo Glacial modificó la costa atlántica sudamericana. Durante el Último Máximo Glacial (18.000 ¹⁴C años A.P.), el NMM se situaba en la plataforma continental argentina a los *ca.* -120 m a partir de donde se produjo su ascenso en forma rápida, a un ritmo de 11 m cada 1.000 años. Al comienzo del Holoceno (10.000 años A.P.) el NMM había ascendido hasta alcanzar los -30 m (Guilderson *et al.*, 2000). Durante el Holoceno, el NMM habría seguido aumentando llegando a sobrepasar su actual posición en algunos metros cerca de los 6.500 años ¹⁴C A.P. para luego descender. Las curvas postglaciales de ascenso y descenso del NMM propuestas para la costa bonaerense presentan algunas diferencias, no existiendo consenso fundamentalmente en lo que respecta a la altura máxima alcanzada y a la existencia o no de fluctuaciones durante el descenso sobre este patrón general (Aguirre y Whatley, 1995; Isla y Espinosa, 1998; Cavallotto *et al.*, 2004; Gómez *et al.*, 2005 y referencias allí citadas; Laprida *et al.*, 2006; Prieto *et al.*, 2017).

Para reconstruir la historia del estuario de Bahía Blanca y área de El Rincón, complementando el registro de dataciones y estableciendo con más detalle las variaciones del NMM, se analizaron palinológicamente depósitos sedimentarios localizados por debajo del NMM actual y que corresponden al último evento transgresivo/ regresivo registrado en la plataforma argentina. Estos depósitos fueron muestreados mediante sacatestigos (*vibrocorer* y *pistoncorer*) para obtener un registro completo de los sedimentos. Se seleccionaron tres sitios a lo largo de un gradiente de distancia a la actual línea de costa. Desde la zona más cercana a la costa actual, uno de los sitios se ubica en la parte media del estuario, Canal Tres Brazas, en la vecindad del canal homónimo (Canal Tres Brazas), y fue elegido por su situación geográfica particular, ya que se trata de un canal interno próximo a la costa con un flanco donde se desarrollan escarpas erosivas. El segundo sitio se ubica en el estuario externo, (KP60BIS) y el tercer sitio en la plataforma interior, (PD24).

Los indicadores (*proxies*) biológicos utilizados en esta Tesis fueron:

- El polen, que permitió el análisis de las comunidades vegetales.
- Los quistes de dinoflagelados (dinoquistes) y acritarcos que condujeron a la reconstrucción de las condiciones superficiales del agua de mar (especialmente temperatura, salinidad y contenido de nutrientes).
- Los palinomorfos no polínicos (PNPs): algas, cianobacterias, huevos de invertebrados y esporas fúngicas, que brindaron información complementaria a la del polen y los dinoquistes.

Estos *multiproxies* biológicos analizados tanto en las secciones fósiles como en sedimentos actuales costeros se integraron con las características sedimentológicas de las secciones analizadas para reconstruir las condiciones paleoambientales del estuario de Bahía Blanca y el área adyacente de la plataforma continental. Para conocer la relación polen-vegetación actual se incorporó el estudio de muestras de polen superficial provenientes de marismas del estuario medio. Además, el registro de dinoquistes en sedimentos actuales costeros y marinos del estuario de Bahía Blanca y del sector de El Rincón y su distribución en relación con las características físico- químicas y contenido de nutrientes del agua de mar, permitió interpretar los registros fósiles con el objetivo de inferir las condiciones paleoceanográficas existentes en el Holoceno en el área de estudio.

El desarrollo de la tesis se presenta en diez capítulos; el capítulo uno comprende los antecedentes de estudios del Holoceno en la región, la ubicación geográfica y las características del área. El capítulo dos, explican los materiales y las diferentes metodologías empleadas para cumplir con los objetivos propuestos. El capítulo tres presenta la sistemática y taxonomía de las especies de dinoquistes obtenidos desde los sedimentos superficiales modernos y los sedimentos fósiles estudiados, más la información paleoecológica de dichas especies. El capítulo cuatro presenta el análisis palinológico de las muestras de superficie actuales y su interpretación. El capítulo cinco presenta la descripción de los espectros polínicos y de los espectros de dinoquistes y PNPs registrados para el Testigo Canal Tres Brazas y su interpretación. El capítulo seis presenta los espectros polínicos, de dinoquistes y PNPs analizados e interpretados para el Testigo KP60BIS. El capítulo siete muestra los espectros polínicos, de dinoquistes y PNPs analizados e interpretados para el Testigo PD24. El capítulo ocho presenta la integración e interpretación de los tres sitios estudiados, el capítulo nueve contiene las conclusiones alcanzadas sobre los cambios paleoambientales del área y en el capítulo diez se incluye la bibliografía.

I.1 Estudios del Holoceno en la región

Para la plataforma continental argentina, [Violante y Parker \(2004\)](#) compilaron una curva relativa del NMM a partir de [Cavallotto et al. \(1995\)](#) y [Guilderson et al. \(2000\)](#), donde muestran un nivel mínimo a 105 m por debajo del NMM actual, aproximadamente a los 17.000 ¹⁴C años A.P. En realidad, las únicas evidencias de las variaciones del nivel del mar para la plataforma argentina son las presentadas por [Guilderson et al. \(2000\)](#). Con el comienzo de la deglaciación

el NMM habría subido rápidamente, aceptándose para toda la región costera atlántica de la provincia de Buenos Aires la existencia de máximos NMM entre *ca.* 6.500 y 5.500 ¹⁴C años A.P. (Isla, 1989; Aguirre y Whatley, 1995; Isla y Espinosa, 1998; Cavallotto *et al.*, 2004; Prieto *et al.*, 2016). Las fluctuaciones del NMM para el norte de Patagonia fueron analizadas por Isla (2013) integrando una datación radiocarbónica sobre un trozo de madera obtenido en el Golfo San Matías, con aquellas obtenidas en zonas costeras y en otras localidades de la Patagonia media y sur. Los datos fueron tomados en áreas emergidas y también se combinaron con las dataciones radiocarbónicas obtenidas sobre conchillas recolectadas en la plataforma continental (Guilderson *et al.*, 2000). La curva propuesta por Isla (2013) involucra una tendencia regresiva simple hasta la posición actual después del máximo NMM, aceptando una caída poco pronunciada en el NMM a los *ca.* 2.600 ¹⁴C años A.P. Sin embargo, Schellmann y Radtke (2010) describieron para el centro y sur de Patagonia una regresión escalonada del NMM, luego de haber alcanzado una altura máxima entre los 6.900-6.200¹⁴C años A.P. (*ca.* 7.400-6.600 cal A.P.) seguida por una tendencia de declinación y reconocieron dos períodos de estabilidad del NMM, uno entre 6.900 -6.200 años A.P. (*ca.* 7.400-6.600 cal A.P.), coincidente con un NMM máximo, y otro entre 6000-2.600 ¹⁴C años A.P. (*ca.* 6.400-2.300 cal A.P.). Estos autores reconocen dos caídas del nivel del mar, una a los 6.200-6.000 años A.P. (*ca.* 6.600-6.400 cal A.P.) y otra a los 2.600-2.400 ¹⁴C años A.P. (*ca.* 2.300-2.050 cal A.P.), las que fueron inferidas de las elevaciones sucesivamente más bajas de las formas costeras (cordones de playa, terrazas litorales), que se desarrollaron después de los períodos de estabilidad.

Particularmente, para el estuario de Bahía Blanca, los cambios del NMM durante el Holoceno han sido controversiales. Se han propuesto tendencias regresivas tanto graduales (Spagnuolo, 2005; Aliotta *et al.*, 2013), como escalonadas, caracterizadas por varios episodios de niveles de marea y energía de olas excepcionalmente altos que dieron origen a cordones de playa sobre la costa norte del Canal Principal (González, 1989; Aliotta y Farinati, 1990). González (1989) estudió una sucesión de depósitos de cordones de playa y planicies de marea, en esa región costera norte del Canal Principal, correspondiendo a períodos de alta y baja energía depositacional respectivamente. Un período de caída lenta o estabilidad del NMM fue descrito para los *ca.* 3.850 años A.P. (González, 1989). En la zona externa del estuario, Gómez y Perillo (1992, 1995) y Gómez *et al.* (2005, 2006), mediante relevamientos batimétricos y con sonar de barrido lateral, y estudios sedimentológicos, micropaleontológicos y geocronológicos de muestras superficiales y testigos de depósitos submarinos propusieron que ocurrieron

oscilaciones negativas del NMM a los 6.350 años A.P. (ca. 7.200 cal. años A.P.) y a los 2.460-2.350 (ca. 2.720-2.635 cal. años A.P.), en fase con variaciones en la irradiación solar.

Para el área del estuario de Bahía Blanca son escasos los trabajos que describen la evolución del mismo. [González Uriarte \(1984\)](#) describió un paleodrenaje que ocupaba la depresión alineada de Salitral de la Vidriera–Canal Principal (Figura 2), y que aportaba sedimentos a la región dentro de un ambiente deltaico. [Spalleti e Isla \(2003\)](#) reconocieron cuatro lóbulos deltaicos en el río Colorado, proponiendo que el más extendido y antiguo fue el desarrollado con una posición del NMM bajo la actual posición. [Melo et al. \(2003\)](#) explicaron la evolución del estuario durante el Pleistoceno tardío y el Holoceno, como una interacción entre el dominio continental y el de transición, en relación con las variaciones del NMM. El dominio continental incluye la presencia de depósitos aluviales y valles, relacionados con la presencia del río Colorado que a los 7.000 años A.P. habría iniciado un modelado con características deltaicas. El estuario es interpretado como el resultado de la inundación del tramo inferior de los valles fluviales en las costas bajas durante el ascenso del NMM. Posteriormente a la inundación se habría formado el “Salitral de la Vidriera”, ubicado en la cabecera del Canal Principal del estuario, resultado de la conexión del ambiente transicional con el ambiente continental, que comenzó a desaparecer formando un ambiente más salino, donde algunos de los drenajes empezaron a funcionar como canales de marea y los otros drenajes colmataron. El descenso del NMM habría originado la formación de islas sobre las zonas más elevadas del estuario. Sin embargo, esta evolución fue inferida en base de imágenes satelitales y el estudio no está soportado con datos cronológicos y sedimentológicos a nivel de subsuelo. Recientemente, [Pratolongo et al. \(2016a\)](#) propusieron la existencia de un descenso escalonado del NMM después del máximo transgresivo, con dos etapas de estabilidad del mismo durante la fase regresiva que condujeron a la formación de dos niveles de planicies de marea ubicados a distintas altitudes, aunque sin precisiones respecto a los intervalos involucrados.

En estrecha vinculación con los cambios en el nivel de los océanos, originando variaciones morfológicas de las áreas costeras, se encuentran las fluctuaciones climáticas. El período geológico Cuaternario, que comprende los últimos 2,5 millones de años de la historia de la Tierra, es un tiempo que abarca masivos cambios del clima, de la biota global, de la extensión de hielo y del NMM. En particular para el Holoceno, 11.500 años cal. A.P. (10.000 ¹⁴C años A.P.) hasta el presente, el examen de los registros paleoclimáticos a nivel mundial, revela la existencia de al menos seis períodos de cambios climáticos rápidos. En la región pampeana argentina estudios geolimnológicos realizados en la Laguna Mar Chiquita (provincia de

Córdoba) muestran una variabilidad hidrológica regional sustancial desde el Tardiglacial y a través del Holoceno (Piovano *et al.*, 2009). Por otra parte, Kröhling e Iriondo (1999) presentan la reconstrucción paleoambiental de la región en la que se ubica dicha laguna basada en datos estratigráficos y geomorfológicos, destacando la variabilidad del clima desde el Pleistoceno Tardío y en todo el Holoceno. El óptimo climático del Holoceno está representado en la Pampa norte por la expansión de redes de drenajes y lagos; por una significativa disminución de la tasa de sedimentación loésica y su reemplazo por la acumulación de sedimentos finos en ambiente palustre y por el desarrollo de suelos muy evolucionados en ambientes de interfluvio (Iriondo y Kröhling, 2007; Kröhling y Carignano, 2014). Asimismo, los registros paleolimnológicos para la región pampeana de Uruguay, indican importantes variaciones paleoclimáticas durante el Holoceno (García-Rodríguez *et al.*, 2009). Aguirre (1995) indicó el establecimiento de un período más cálido y más húmedo alrededor de los *ca.* 7000 años A.P., antes del máximo transgresivo. Durante el Holoceno medio (5.500 – 3.000 años cal. A.P.), en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires, las condiciones habrían sido más cálidas y húmedas que las actuales, como muestran los registros de polen y fauna Brasiliana de mamíferos fósiles estudiados (Quattrocchio *et al.*, 2008 y referencias allí citadas). Sin embargo, los registros eólicos indican condiciones de mayor aridez relativa hacia los 5.000-4.000 ¹⁴C años A.P., principalmente en los sectores australes y occidentales de los pastizales (Zárate, 2005) y las secuencias polínicas del sudeste de la provincia de Buenos Aires indican condiciones subhúmedas secas (Prieto, 1996) y con déficit hídrico (Vilanova, 2005). Es decir, existen discrepancias entre las condiciones reconstruidas durante el Holoceno medio para el sudoeste de los pastizales pampeanos y las inferencias provenientes de otros registros. Si bien estas diferencias podrían asociarse al incremento en la regionalización del clima durante el Holoceno (Barrientos y Pérez, 2005; Mancini *et al.*, 2005) la discusión persiste ante la falta de reconstrucciones climáticas consistentes a escala regional. También deben considerarse los diferentes métodos de muestreos, tipos de materiales datados y métodos usados por los diferentes laboratorios de datación. Para el Holoceno tardío (últimos 3.000 años cal.), los datos paleoclimáticos en la región Pampeana son fragmentarios y en algunos casos controversiales, pero son varios los autores que concuerdan que el clima se hizo más seco, con episodios cortos de condiciones semiáridas alternados con eventos húmedos y cálidos (Kröhling e Iriondo, 1999; Zárate *et al.*, 2000; Prieto *et al.*, 2004; Mancini *et al.*, 2005; Iriondo y Kröhling, 2007; Quattrocchio *et al.*, 2008; Stutz *et al.*, 2010; Kröhling y Carignano, 2014). De este modo, aunque a través del análisis de registros paleoclimáticos se ha avanzado en el conocimiento de las oscilaciones

climáticas ocurridas en la región Pampeana durante el Holoceno, estamos todavía lejos de comprender totalmente cómo fueron dichas variaciones.

Para las zonas costeras del sudeste bonaerense, los estudios palinológicos basados en los análisis de los registros de polen y esporas fósiles (Prieto, 1996; Tonello y Prieto, 2003; Stutz *et al.*, 2006; Vilanova *et al.*, 2006), han permitido conocer la historia de la vegetación y avanzar en la reconstrucción de los ambientes del Holoceno en relación con los cambios climáticos y las fluctuaciones del NMM. Además del polen y las esporas, el análisis palinológico de las secuencias costeras cuaternarias permite registrar otros palinomorfos como remanentes de algas, cianobacterias, quistes de dinoflagelados, huevos de invertebrados y acritarcos, que representan a las comunidades fito, zooplanctónicas y bentónicas. Las investigaciones realizadas hasta el momento en secciones del litoral del sud-sudeste bonaerense incluyen estudios sistemáticos, análisis cuali-cuantitativos de las asociaciones descritas e información paleoecológica, destacando el significado de los PNPs en la interpretación de la evolución ambiental del Holoceno (Borel *et al.*, 2003; Head *et al.*, 2003; Vilanova *et al.*, 2006; Borel *et al.*, 2006; Borel, 2007).

Los estudios sobre la distribución de dinoquistes y otros palinomorfos marinos en los océanos australes son escasos (entre ellos, Marret y de Vernal, 1997; Harland, 1983; Zonneveld *et al.*, 2001; Esper y Zonneveld, 2002). Hasta el momento, en la parte sur del Atlántico Sudoccidental, sólo se ha publicado el estudio de una transecta a la altura del Río de La Plata, realizada por Wall *et al.*, (1977) y estudios de sedimentos recientes en el área costera de la plataforma bonaerense (Akselman, 1987; 1999; Grill y Guerstein, 1995). También son escasos los registros de dinoquistes en secciones cuaternarias aflorantes (Grill y Quattrocchio, 1996; Borromei y Quattrocchio, 2001; Borel y Gómez, 2006; Vilanova *et al.*, 2006; Candel *et al.*, 2009; Candel *et al.*, 2011; Candel y Borromei, 2013; Candel *et al.*, 2013), y más aún en depósitos submarinos provenientes de testigos de nuestra plataforma (Gómez *et al.* 2005; Vilanova *et al.*, 2008). El estudio de la distribución de dinoquistes y acritarcos, obtenidos desde sedimentos superficiales recientes del estuario de Bahía Blanca y áreas de El Rincón, y su relación con las características de las aguas oceánicas superficiales, se están completando (Borel *et al.*, en preparación) y se dieron a conocer los primeros resultados (Borel, 2009; Borel y Gómez, 2009).

I.2 Hipótesis y objetivos

I.2.1 Hipótesis

Las asociaciones fósiles de quistes de dinoflagelados de pared orgánica reflejan las condiciones paleoceanográficas, principalmente temperatura superficial, salinidad y contenido de nutrientes del agua de mar. El análisis del polen fósil permite reconstruir las paleocomunidades vegetales y a partir de esto inferir, a escala temporal, la respuesta de la vegetación costera a los cambios ambientales, relacionados a las fluctuaciones del nivel del mar y variaciones climáticas. Como hipótesis fundamental se plantea que el registro de los *proxies* palinológicos terrestres (polen, algas de agua dulce y otros palinomorfos no polínicos) se correlaciona directamente con el registro de los *proxies* marinos (quistes de dinoflagelados) debido a la existencia de una fuerte conexión entre los estadios climáticos marinos y atmosféricos en la región del estuario de Bahía Blanca y áreas adyacentes de la plataforma continental (zona de El Rincón) durante el Holoceno.

I.2.2 Objetivo general

Interpretar la historia paleoclimática, paleoambiental y paleoceanográfica de la región del estuario de Bahía Blanca a partir de registros palinológicos y sedimentológicos fósiles en el actual sector costero y área de plataforma adyacente (zona de El Rincón) durante el Holoceno, para obtener un modelo más preciso de las fluctuaciones climáticas y de los cambios relativos del NMM para el área.

I.2.3 Objetivos específicos

- Realizar el análisis palinológico de secuencias sedimentarias holocenas estratificadas y datadas (testigos) profundizando el conocimiento de los quistes de dinoflagelados de pared orgánica (dinoquistes) y otros palinomorfos no polínicos (PNPs) para el Holoceno del estuario de Bahía Blanca y plataforma continental adyacente.
- Estimar las preferencias ecológicas de los distintos taxa por comparación con los modelos actuales y caracterizar cuantitativamente cada sección en base a los distintos indicadores paleoambientales.
- Reconstruir las paleocomunidades vegetales y analizar la respuesta de la vegetación a los cambios del nivel del mar en la zona costera del estuario de Bahía Blanca a través del análisis de polen.

- Realizar el análisis sedimentológico de las secciones de los testigos de sedimento teniendo en cuenta la distribución granulométrica, estructuras sedimentarias y contenido de microfósiles.
- Reconstruir las condiciones paleoambientales a partir del registro de palinomorfos (polen, algas, acritarcos y dinoflagelados) y del registro sedimentológico, en relación con las oscilaciones del NMM y los cambios paleoclimáticos.
- Comparar los resultados palinológicos con las interpretaciones realizadas sobre la base de datos provenientes de otros estudios micropaleontológicos (ostrácodos, foraminíferos) y de *proxies* (indicadores) geoquímicos (relación C/N; isótopos estables), contribuyendo de este modo con los estudios multidisciplinarios.
- Reconocer los cambios en las condiciones paleoceanográficas vinculándolos a los cambios ambientales en los humedales costeros y a los cambios climáticos durante el Holoceno.

I.3 Ubicación y características del área de estudio

El área de estudio seleccionada es el estuario de Bahía Blanca y el área de plataforma adyacente (zona de El Rincón), ubicada en el extremo sudoeste de la provincia de Buenos Aires (Figura 2).

I.3.1 Características físicas

El estuario es clasificado como mesomareal (Piccolo y Perillo, 1990), tiene una longitud de 80 Km y un área superficial de 2.300 Km² (Figura 1). El límite austral es definido hacia el sur por el río Colorado. El estuario está formado por un sistema de canales de marea con orientación NO-SE (Perillo *et al.*, 2001), separados por islas y por unidades geomorfológicas denominadas planicies de marea. De acuerdo a la clasificación morfogenética compilada por Perillo (1995), se considera al estuario de Bahía Blanca como un estuario de planicies abiertas, formado por antiguos valles fluviales, con un relieve relativamente bajo y forma de embudo. De norte a sur, los canales más importantes son el Canal Principal, la Bahía Falsa y la Bahía Verde (Figura 1).

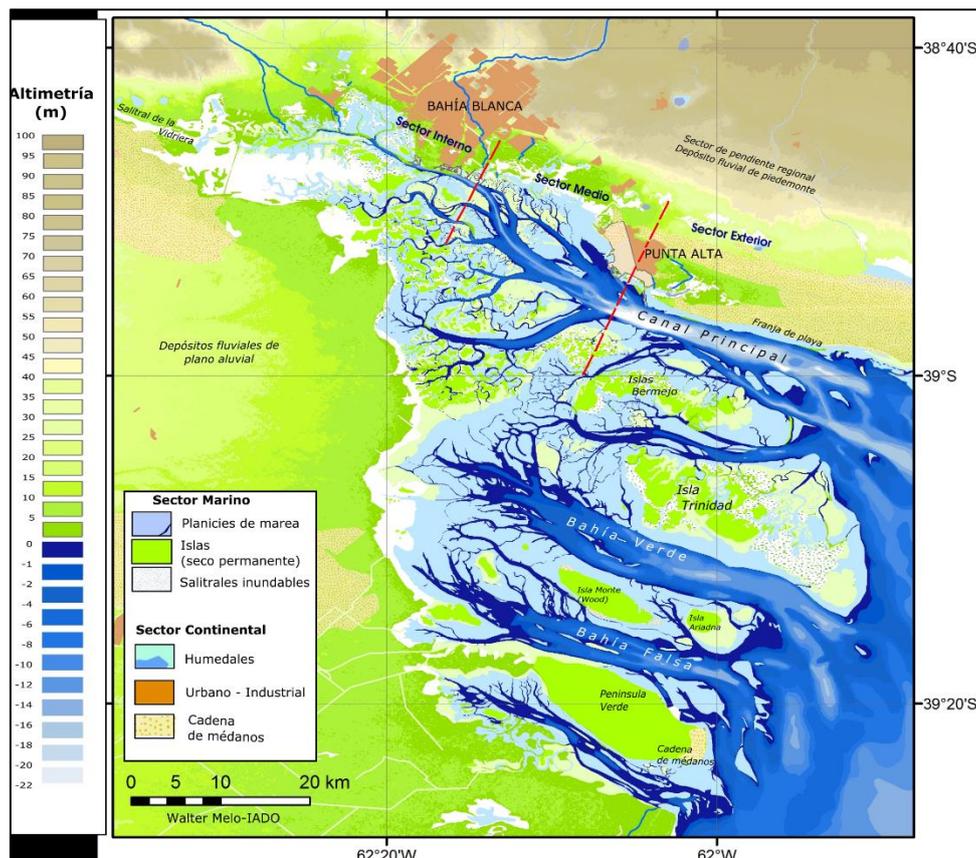


Figura 1. Mapa de unidades geomorfológicas del estuario de Bahía Blanca.

Los canales del estuario reciben aportes de los arroyos Napostá Grande y Sauce Chico de forma permanente por el norte; con un caudal promedio anual de agua dulce de 1,9 y 0,8 m³/s

respectivamente y pocos aportes de canales de riego del río Colorado por el sur (Perillo *et al.*, 1987). La marea actúa como el principal proceso físico en la circulación general del estuario, controlando el movimiento de los sedimentos y la morfología del fondo. La onda de marea es semidiurna; presenta en el Canal Principal un rango medio de 3,04 m en sicigia y 2,5 m en cuadratura (Perillo y Piccolo, 1991). Las corrientes son reversibles con velocidades máximas promediadas verticalmente de 1,2 y 1,05 m/s para condiciones de reflujos y flujos, respectivamente. De acuerdo a la clasificación propuesta por Dyer (1973), que analiza la temperatura y la salinidad de las masas de agua se puede clasificar como un estuario verticalmente homogéneo, que presenta rangos de temperatura media desde 21,6°C durante el verano a 8,5°C durante el invierno. La salinidad superficial media presenta un incremento desde la cabecera hasta la parte media donde alcanza un valor de 27‰, mientras que en el área distal mantiene valores entre 34 y 35‰ (Perillo *et al.*, 1987).

Este sistema se divide en tres sectores: interior, medio y externo, basado en las características fisiográficas del Canal Principal. La porción interna abarca desde Ingeniero White hasta el área de Villarino Viejo. El sector externo se extiende desde Puerto Belgrano-boca canal del Embudo hasta Punta Tejada-boca del Canal Bermejo. Entre ambas porciones se encuentra el sector medio (Figura 1).

La velocidad de ascenso postglaciar para la Cuenca del Colorado, donde se ubica el estuario de Bahía Blanca, es mínima, del orden de los 10 cm/100 años (Codignotto *et al.*, 1992), mientras que el aporte de sedimento al estuario por parte de los ríos y del viento es prácticamente nulo. Por tales razones, la cantidad de sedimento que sale del sistema estuarial es mayor que la que ingresa, proviniendo el material actualmente en tránsito del retrabajo de sedimentos antiguos por parte de las corrientes de marea (Cuadrado *et al.*, 2004). Debido al neto predominio de las corrientes de marea de la bajante, los materiales arenosos tienen un sentido de migración neta como carga de fondo hacia el exterior del estuario. La migración de los materiales arenosos se desacelera en la desembocadura de los canales mayores por disminución de las velocidades máximas de las corrientes de marea, dando lugar a extensos bancos arenosos denominados deltas de reflujos sobre el sector exterior a las islas. Por el contrario, los materiales cohesivos, una vez que son movilizados, se desplazan dentro de la masa de agua en suspensión y sólo pueden depositarse y permanecer depositados en ambientes de muy baja energía ambiental permanente, como ocurre en los sectores intermareales del interior del ambiente estuarial. Esta diferenciación en la modalidad de transporte y depositación de los materiales sedimentarios provoca que difiera la distribución textural de los sedimentos entre los canales de marea

(sedimento granular) y las planicies de mareas adyacentes (sedimento cohesivo), y entre los sectores externos del ambiente, con predominio de sedimento granular, e internas con predominio de sedimentos finos.

El estuario presenta alta turbidez y altos niveles de nutrientes disueltos, principalmente en la zona interna (Popovich y Marcovecchio, 2008) que es característicamente somera (profundidad media de 7 m), está influenciada por actividades antrópicas y ha sido clasificada como eutrófica por Freije y Marcovecchio (2004). Además, la zona interna muestra una circulación restringida donde las velocidades de marea están en el rango de 0,69 – 0,77 m/s, con baja advección (Perillo *et al.*, 2001) y un tiempo de residencia relativamente largo, cercano a los 28 días (Perillo, datos no publicados). La columna de agua es verticalmente homogénea durante todo el año sin formación de termoclina ni haloclina (Guinder *et al.*, 2009). La disponibilidad y distribución de nutrientes durante todo el año y la presencia de aguas verticales homogéneas, permite caracterizar el sistema hidrográfico del estuario de Bahía Blanca como un sistema costero, que provee un excelente soporte para el desarrollo biológico.

El sector de El Rincón corresponde a la parte interna de la plataforma continental argentina, frente al estuario de Bahía Blanca, llegando hasta la isobata de los 40 m. Es un área influenciada por los aportes fluviales de los ríos Colorado y Negro (Figura 2). El río Negro presenta su máxima descarga en primavera debido al deshielo proveniente de la Cordillera de los Andes (1.210 m³/s) y en otoño debido a la lluvia estacional (1.130 m³/s), aportando un 90 % del agua dulce al sistema estuarino de El Rincón. A su vez el río Colorado presenta su máximo caudal a fines de la primavera (215 m³/s) (Guerrero, 1998; Lucas *et al.*, 2005). La descarga del río Colorado genera una pluma que se propaga hasta la boca del estuario de Bahía Blanca, caracterizada por su homogeneidad, alta turbidez y baja salinidad (Cuadrado *et al.*, 2002). El Rincón se caracteriza por presentar corrientes débiles en relación a las de la plataforma media, que generan un área que ha sido asociada a un patrón de circulación local. Oceanográficamente está controlado por dos sistemas frontales: uno originado por el encuentro entre aguas costeras diluidas, por efecto de los aportes fluviales de los ríos Colorado y Negro, con aguas de salinidades altas provenientes del Golfo San Matías y el otro, más externo, ubicado entre estas aguas de alta salinidad y las de la plataforma media de salinidad marina normal (Figura 12.c). El efecto combinado de vientos y mareas determina que las aguas sean verticalmente homogéneas durante todo el año a profundidades inferiores a los 50 m. A partir de la isobata de 50 m se encuentra la plataforma media, cuya dinámica es dominada principalmente por los

vientos y la interacción con las aguas estratificadas de la plataforma externa y en zonas más profundas junto al talud se encuentra la Corriente de Malvinas (Lucas *et al.*, 2005).

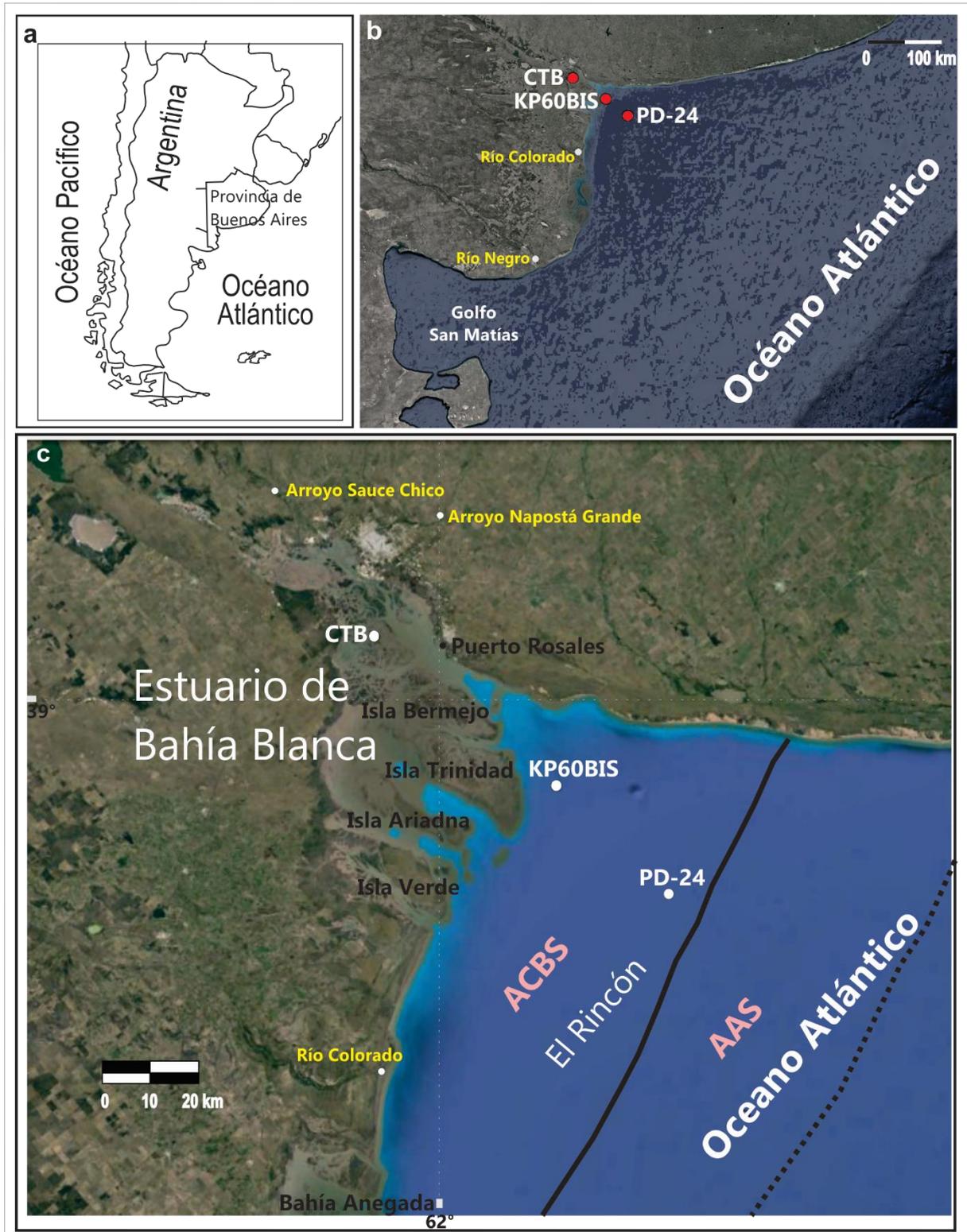


Figura 2. a. Mapa de localización del área de estudio. b. Ubicación de los testigos fósiles estudiados: Canal Tres Brazas (CTB), KP60BIS y PD24. c. Localización en El Rincón de los dos sistemas frontales (ACBS: Aguas costeras de baja salinidad; AAS: Aguas de alta salinidad)

I.3.2 Características climáticas

El gradiente importante de precipitación presente en el área de estudio, genera una transición entre dos tipos climáticos: subhúmedo seco y semiárido, de acuerdo a la clasificación climática de [Burgos y Vidal \(1951\)](#). Esta transición climática se ve reflejada en el desarrollo de la vegetación, la cual converge en tres unidades fitogeográficas: el Pastizal pampeano, el Bosque xerofítico y el Monte (Figura 3).

El estuario presenta un clima mesotermal sub-húmedo seco ([Burgos y Vidal, 1951](#)), con valores de precipitaciones anuales cercanos a los 600 mm, determinado por la mayor concentración de las lluvias en los meses más cálidos (64%). Una gran variabilidad temporal en las precipitaciones de las últimas décadas ha sido registrada como una de las características climáticas más significativas de la región. Períodos secos y períodos húmedos alternan en una oscilación cíclica, con valores anuales de precipitación que pueden variar desde menos de 300 mm durante las fases áridas, a valores que exceden 900 mm anuales en años extremadamente húmedos. La mayoría de estas variaciones pueden ser asociadas a patrones de circulación de gran escala ([Scian et al., 2006](#)). Particularmente, el anticiclón semipermanente del Atlántico Sur juega un papel más preponderante en verano mientras que el del Pacífico Sur lo hace en invierno. Existen además otros fenómenos de gran escala como El Niño, la Oscilación Decadal del Pacífico, e incluso la Oscilación Antártica, que afectan indirectamente el patrón de lluvias en la región al modificar el flujo de humedad ([Garreaud et al., 2009](#)) y que modulan también la variabilidad interanual en la región sud de Sud América.

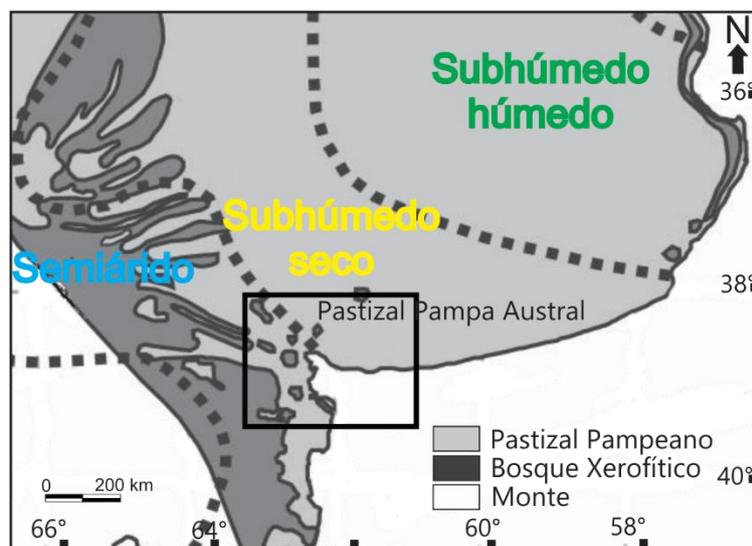


Figura 3. Tipos climáticos y unidades de vegetación (modificado de Tonello y Prieto, 2003)

I.3.3 Vegetación regional y local

La vegetación regional del área de estudio corresponde a la provincia fitogeográfica del pastizal pampeano (unidad Pampa Austral) rodeado al oeste por el Bosque xerofítico (unidad del Caldenal), con el que se funde en el ecotono. Los pastizales están caracterizados por la familia Poaceae (la cual predomina en número de especies y en abundancia) acompañada por Asteraceae, Cyperaceae, Solanaceae, Brassicaceae, Apiaceae y Chenopodiaceae (León, 1991). El Caldenal es un bosque xerofítico abierto dominado por árboles de *Prosopis caldenia*, *P. flexuosa*, *Geoffroea decorticans* y *Schinus fasciculata*, acompañado por arbustos como *Condalia microphylla*, *Lycium gilliesianum*, *Ephedra triandra* y *Larrea divaricata*. A lo largo del ecotono entre los pastizales y el bosque xerofítico (Caldenal) los pastizales alternan con comunidades arbustivas. La presencia del ecotono en el área de estudio es el reflejo de la transición climática.

En particular el estuario de Bahía Blanca es un escenario con características ambientales y geomorfológicas únicas. La zona intermareal del estuario presenta marismas y planicies de marea constituidas por sedimentos de tipo arcilla y limos. Las comunidades de marismas están dominadas por *Spartina alterniflora* y *Sarcocornia perennis* (Figura 4). *S. alterniflora* se desarrolla en la zona intermareal media inundada por la marea alta, mientras que *S. perennis* ocupa niveles superiores de la zona intermareal, siendo inundada sólo durante las mareas extraordinarias (Isacch *et al.*, 2006). En la parte superior del intermareal asociados a *S. perennis* se encuentran los arbustales de *Heterostachys rytteriana* (Chenopodiaceae), *Limonium brasiliensis* (Plumbaginaceae), *Atriplex* spp. (Chenopodiaceae), *Lycium chilensis* (Solanaceae), *Suaeda patagonica* y *Suaeda divaricata* (Chenopodiaceae) (Verettoni, 1961).

De acuerdo a Nebbia y Zalba (2007) la composición y la estructura de las comunidades halófilas de la costa norte de estuario se mantuvieron relativamente constantes, excepto en el porcentaje de especies exóticas, durante los últimos cincuenta años. Estos autores identifican una faja, de hasta 8 km de ancho, en la costa norte del tramo más interno del estuario, con ocho tipos de ambientes. Los ambientes que discriminan sobre la zona intermareal son: las marismas de *Spartina alterniflora* (Poaceae), las estepas de *Sarcocornia perennis* (Chenopodiaceae) y los cangrejales con vegetación escasa o nula. Por encima del alcance de las mareas ordinarias aparecen las comunidades vegetales dominadas por arbustos: arbustales bajos dominados por *Allenrolfea patagonica* (Chenopodiaceae), arbustales bajos dominados por *Atriplex undulatum* (Chenopodiaceae) y arbustales más altos (de hasta 2 m de altura) dominados por *Cyclolepis genistoides* (Asteraceae subf. Mutisioideae) con *Lycium chilensis* (Solanaceae). También fuera

del alcance de las mareas se encuentran los charcos y lagunas temporarias con *Juncus* (Juncaginaceae) y los pastizales halófilos con predominio de *Distichlis spicata* y *Distichlis scoparia* (Poaceae).

Pratolongo *et al.* (2016b) construyen en base de las asociaciones de plantas identificadas en imágenes satelitales de alta resolución del estuario de Bahía Blanca el mapa de vegetación que se presenta en la Figura 4. Las marismas intermareales de *Spartina alterniflora* aparecen como asociaciones monoespecíficas con densidades y alturas variables. Las marismas intermareales de *Sarcocornia perennis* se desarrollan en pequeños montículos circulares sobre suelos desnudos. En algunos casos y a elevaciones más altas, *Sarcocornia perennis* está acompañada de *Heterostachys rytheriana* o de *Spartina densiflora*. *Spartina densiflora* tiene escaso desarrollo en las marismas intermareales y sólo se presenta asociada a descargas de agua dulce. En las zonas de mayor elevación, la vegetación es más compleja, se desarrollan especies como *Atriplex undulata*, *Limonium brasiliensis* y *Frankenia juniperoides*. En el área se diferencian tres tipos de asociaciones leñosas. La comunidad arbustiva dominada por *Allenrolfea patagonica* está formando una franja continua, algunas veces en asociación con *Cyclolepis genistoides*. En los arbustales dominados por *Cyclolepis genistoides*, *Atriplex undulatum* es una especie común que se desarrolla bajo el estrato arbustivo, reemplazando a *Allenrolfea patagonica*. En suelos bien drenados y de menor salinidad la especie dominante es *Geoffroea decorticans*, un arbusto alto que forma matorrales espinosos densos. Debajo se desarrollan arbustos bajos de *Lycium chilensis*, *Atriplex undulatum*, *Atriplex heterosperma*, *Grindelia brachystephana*, *Ephedra triandra* y varios pastos (*Poa lanuginosa*, *Trichloris crinita* y *Stipa* spp.).

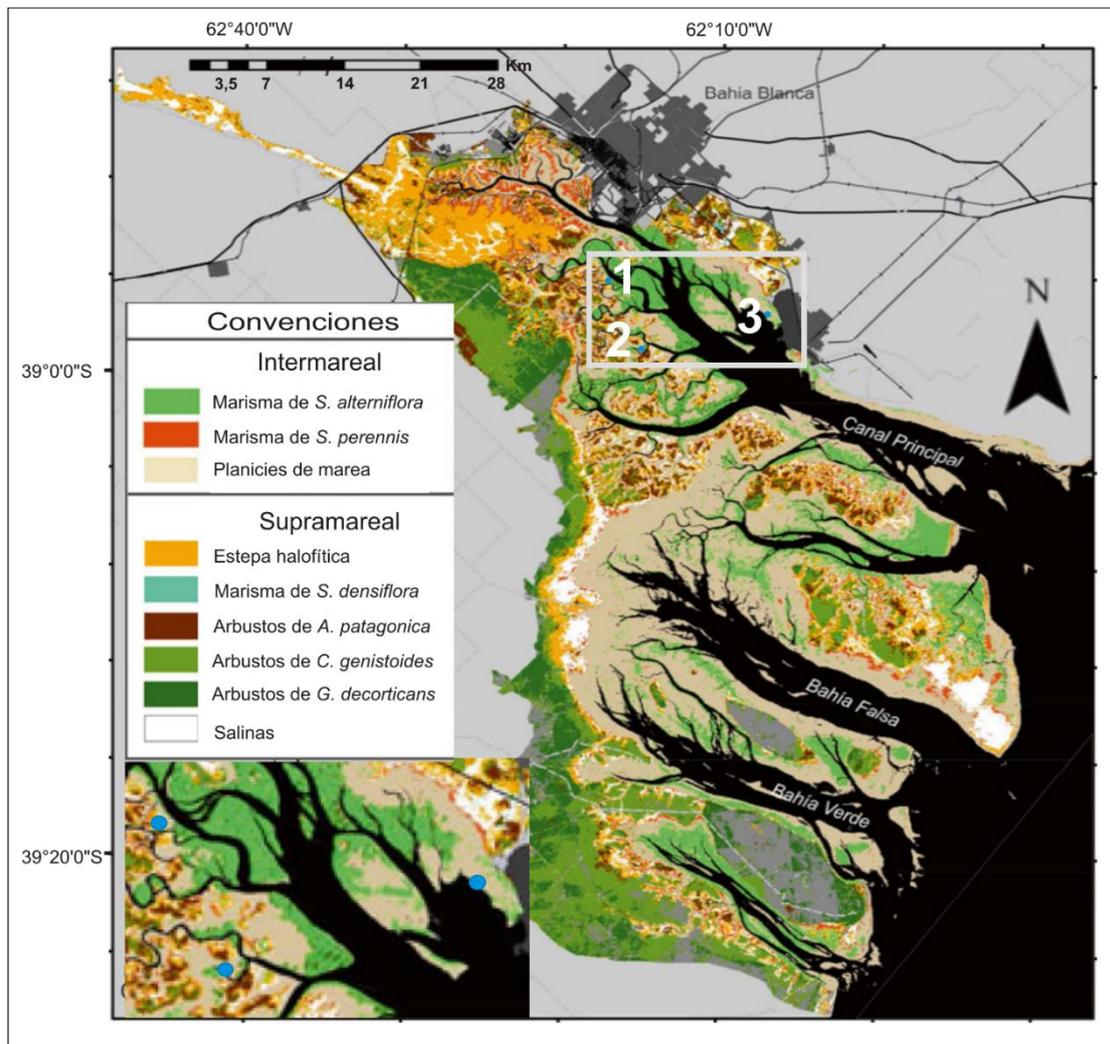


Figura 4. Mapa de comunidades de vegetación de la zona intermareal y costera del estuario de Bahía Blanca (de Pratalongo et al., 2016b). Ubicación de los puntos de muestreo superficial. 1) Canal del Medio, 2) Canal Tres Brazas y 3) Villa del Mar.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Las tareas involucradas comprendieron tres fases: campo, laboratorio y gabinete.

II.1 Fase de Campo

La fase de campo incluyó la recolección de sedimentos superficiales y la extracción de tres testigos de sedimentos fósiles.

II.1.1 Muestreo superficial actual

El muestreo de superficie se realizó en tres sitios diferentes del estuario: Canal Tres Brazas, Canal del Medio y Villa del Mar (Tabla 1, Figura 4 y 5) y en una transecta desde el área interna de El Rincón hacia la plataforma media.

Tabla 1. Ubicación y características de los sitios donde se obtuvieron las muestras de superficie en el sector medio del estuario de Bahía Blanca.

Sitio de muestreo	Muestra	ID	Latitud	Longitud	Características
Canal del Medio	46	CM	38°50'25"S	62°16'57"O	Marisma media con <i>Spartina alterniflora</i> .
Villa del Mar	47	VM	38°51'27"S	62°6'58,32"O	Marisma baja con <i>Spartina alterniflora</i> .
Canal Tres Brazas	48	TE	38°53'52"S	62°15'08"O	Planicie de marea baja (borde del canal), con <i>Tagelus plebeius</i> .
Canal Tres Brazas	49	TD	38°53'53"S	62°15'03"O	Planicie de marea baja sin vegetación.
Canal Tres Brazas	50	TC	38°53'53"S	62°14'59"O	Planicie de marea media sin vegetación.
Canal Tres Brazas	51	TB	38°53'54"S	62°14'56"O	Planicie de marea media sin vegetación.
Canal Tres Brazas	52	TA	38°53'55"S	62°14'53"O	Marisma media con <i>Spartina alterniflora</i> (sólo cubierta en marea alta).

De acuerdo a los niveles de inundación en la zona costera, se clasificó como marisma y/o planicie de marea media al sector de la zona intermareal que se encuentra inundado unas horas y expuesto el tiempo restante durante el día, mientras que la marisma y/o planicie de marea baja está inundada frecuentemente y sólo está expuesta durante la marea baja.

En la zona media del estuario se tomaron muestras de sedimento en el área del Canal Tres Brazas, específicamente en el Canal Tierra Firme que es un canal tributario del Canal Tres Brazas. El muestreo se realizó a lo largo de una transecta con una longitud aproximada de 300 m, ubicada sobre el flanco acrecional de un meandro de dicho canal (Figura 5). Desde la parte más elevada hacia la más baja (canal) se distinguen 5 subambientes: arbustal halófilo desarrollado en la parte alta de la isla, marisma media con *Sarcocornia perennis*, marisma media con *Spartina alterniflora* (TA), planicie de marea media (TB, TC) y planicie de marea baja (TD y TE) (Figura 6). Las planicies de marea media y baja no están vegetadas y constituyen el ambiente más extenso dentro de la franja intermareal. Las estaciones de muestreo se realizaron cubriendo la zona intermareal desde la marisma media con *Spartina alterniflora* (TA) hasta el nivel de bajamar (TE).

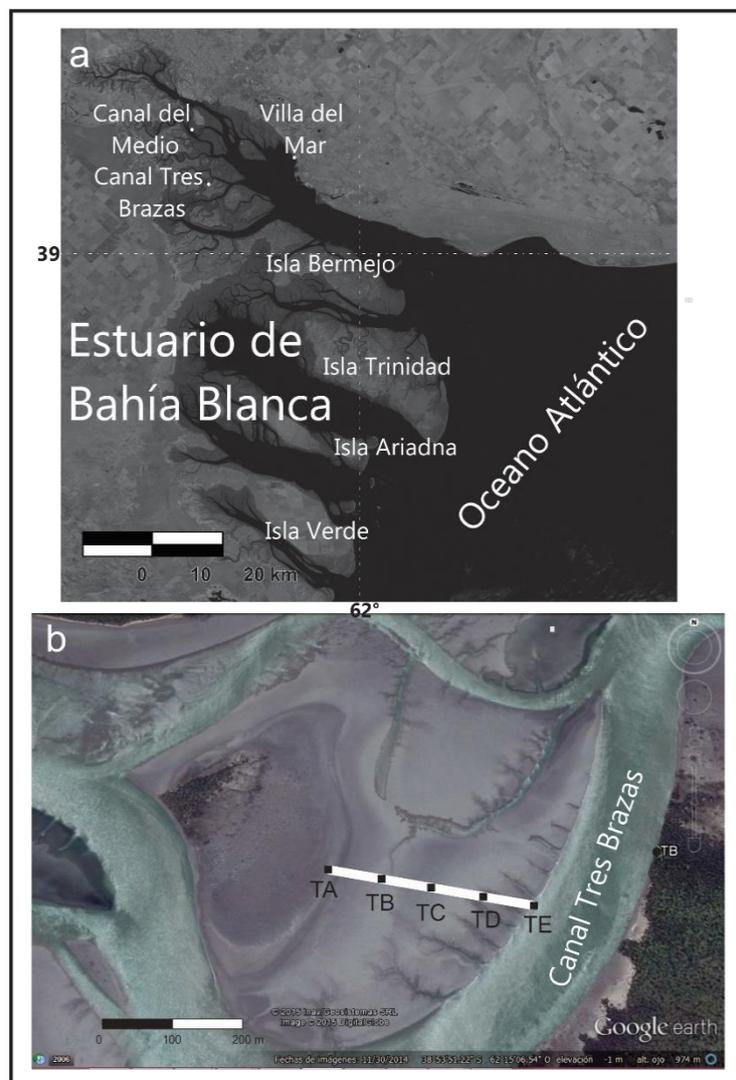


Figura 5. a. Mapa de ubicación de los puntos de muestreo superficial: Canal Tres Brazas (TA, TB, TC, TD y TE), Canal de Medio (CM) y Villa de Mar (VM). b detalle de la transecta del Canal Tres Brazas

El Canal del Medio también está ubicado en la zona media del estuario (Figura 5), no presenta descarga de agua dulce y la salinidad es de 30 ‰, texturalmente se encuentran tamaños de grano comprendidos entre limos arcillosos y limos arenosos. Presenta el mismo patrón de zonación de la vegetación que el sitio anterior (Canal Tres Brazas). Para esta Tesis se analizó sólo la muestra correspondiente a la marisma media vegetada por *Spartina alterniflora* (CM).

El balneario de Villa del Mar, está ubicado sobre la costa norte (Figura 5), en la porción intermedia del Canal Principal, sedimentológicamente la planicie intermareal está formada por lodos, arenas de tamaño medio y fino. La muestra analizada proviene de la marisma media, donde se desarrollan comunidades puras de *Spartina alterniflora* (VM). En la zona costera adyacente al sitio de muestreo está ausente la vegetación arbustiva natural, debido a que en la localidad y en el área aledaña ha sido removida y/o suplantada por árboles exóticos como *Eucalyptus* y *Tamarix*.

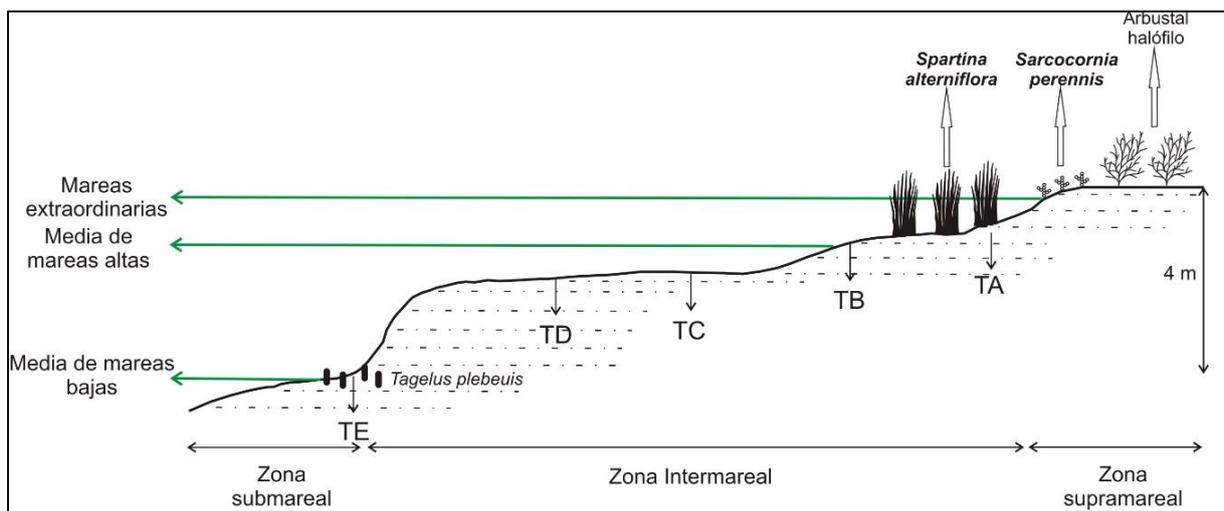


Figura 6. Transecta y ambientes del muestreo superficial del Canal Tres Brazas.

Las muestras de la transecta del sector El Rincón se tomaron desde el área interna hacia la plataforma media (Figura 7, Tabla 2). Se analizaron las muestras de sedimento que corresponden al centímetro superior de los sedimentos colectados mediante draga Van Veen o Shipek durante la campaña oceanográfica realizada con el Buque Oceanográfico Puerto Deseado (BOPD) en 2010.

Tabla 2. Ubicación y profundidad de las muestras actuales de la transecta de El Rincón.

Estación BOPD 2010	Profundidad (m)	Distancia de la costa (km)	Latitud	Longitud
34	15,13	15	40°36'12"S	62°00'26"O

32	36,67	50	40°41'28"S	61°31'43"O
29	44,53	90	40°32'17"S	61°06'14"O
20	58,40	140	40°40'12"S	60°38'24"O
19	68,45	190	40°29'26"S	60°03'33"O



Figura 7. Ubicación de los puntos de muestreo de sedimentos superficiales de la transecta El Rincón.

II.1.2 Muestreo fósil

El muestreo palinológico se realizó desde las tres secuencias sedimentarias fósiles que provienen de testigos largos que fueron obtenidos en sitios que se localizan a distancia creciente desde la costa del estuario hacia la zona nerítica (Figura 2.c), datados mediante técnicas radiométricas lo que asegura un buen control cronológico.

La descripción sedimentológica de los testigos se realizó de acuerdo a la clasificación textural de los sedimentos propuesta por Folk (1974); clasificando la unidad de acuerdo al tamaño de grano determinado mediante el analizador Malvern Mastersizer 2000 en el Laboratorio de Geología Marina del Instituto Argentino de Oceanografía (CONICET-UNS) y teniendo en cuenta las estructuras depositacionales y el color de los sedimentos. El análisis cronológico se determinó usando la técnica de espectrómetro acelerador de masas (EAM). Las edades fueron establecidas sobre fango orgánico sedimentario en el Laboratorio *Beta Analytic* de Estados Unidos, en el Laboratorio del Colegio de Ciencias de la Universidad de Arizona (AA), en el Centro Leibniz de Ecología Marina Tropical de Bremen, Alemania (KIA) y en el *Centrum voor Isotopen Onderzoek, University of Groningen*, Países Bajos (Gra). Las dataciones fueron calibradas a edades siderales o calibradas usando el software CALIB Rev 7.1 (Stuiver y Reimer, 1993; Stuiver *et al.*, 2005). Debido al ambiente depositacional (que se determina más adelante en esta Tesis), para la calibración de los fangos orgánicos datados radiocarbónicamente se empleó el conjunto de datos atmosféricos para el Hemisferio sur SHCal13 a 2σ (Hogg *et al.*, 2013). Ello obedeció a que el carbono (C) que se incorpora en el ambiente intermareal del estuario de Bahía Blanca es primariamente de origen atmosférico (Calvo Marcilese *et al.*, 2011).

Las secuencias sedimentarias analizadas fueron:

1. *Testigo Canal Tres Brazas (CTB)*: extraído sobre el flanco erosivo del canal de mareas Tierra Firme, tributario del Canal Tres Brazas ($38^{\circ} 53' 51,64''$ S; $62^{\circ} 14' 44,72''$ O), ubicado en la parte media del estuario (Figura 5 y 8Figura 8). El testigo fue extraído con Vibrocorer en el 2008 y posee una longitud de 4,5 m. Se analizaron 46 muestras de sedimento, que corresponden al submuestreo cada 10 cm del testigo.

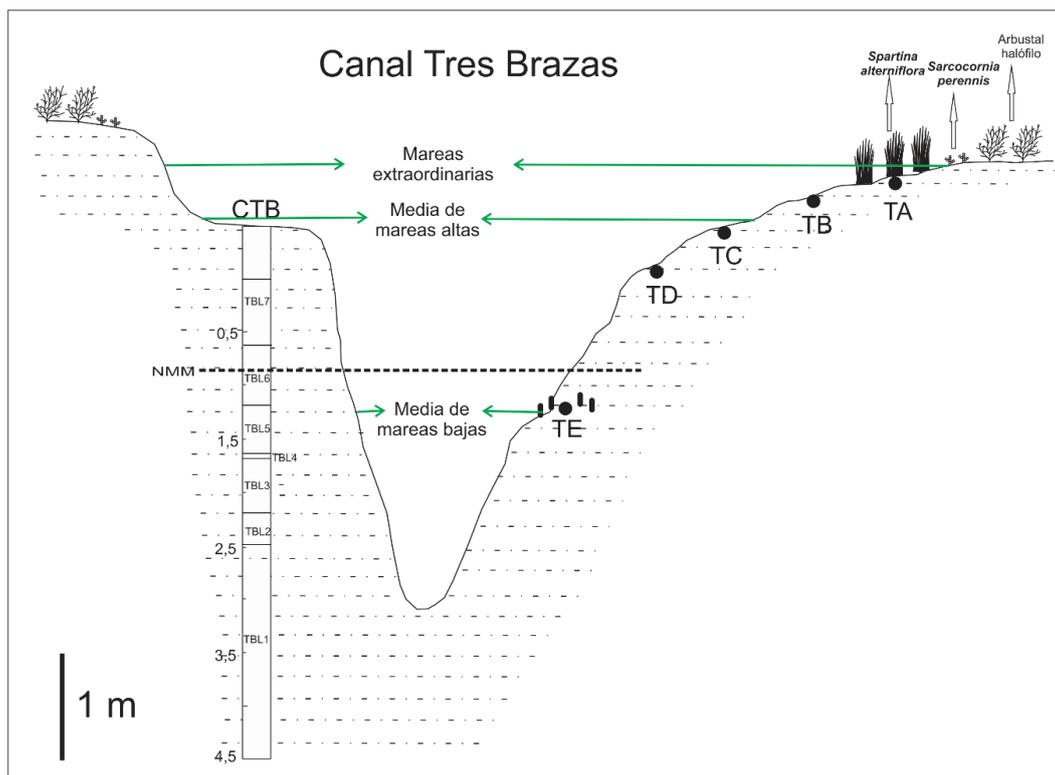


Figura 8. Esquema de perforación del Testigo Canal Tres Brazas. Relación con las muestras actuales y el nivel medio del mar.

Debido a las características litológicas de los sedimentos obtenidos en el Vibrocorer, el testigo sufrió una compresión de 50 cm, razón por la que fue necesario calcular el factor de compresión y posteriormente ajustar cada una de las profundidades registradas inicialmente para obtener la profundidad real (Tabla 3).

Tabla 3. Relación profundidades medidas y profundidades reales del Testigo Canal Tres Brazas.

Prof. cm	Prof. Real cm						
10	11	130	144	254	282	360	400
20	22	140	155	258	287	372	413
30	33	150	167	270	300	380	422
36	40	160	178	284	316	390	433
50	55	170	189	288	320	410	456
62	69	180	200	298	331	420	467
70	78	192	213	302	336	429	477

78	87	200	222	310	344	437	486
90	100	212	236	318	356	442	491
100	111	218	242	330	367	449	499
112	124	230	256	338	376		
118	131	240	267	352	391		

En la Tabla 4 se presenta la descripción sedimentológica acompañada de la profundidad y el nombre de las unidades litológicas usadas en esta Tesis (TBL1, TBL2, TBL3, TBL4, TBL5, TBL6 y TBL7).



Figura 9. Fotografía del Testigo Canal Tres Brazos completo, antes de realizar el muestreo (Las dimensiones son las registradas en el testigo, previo al ajuste para el cálculo de la profundidad real).

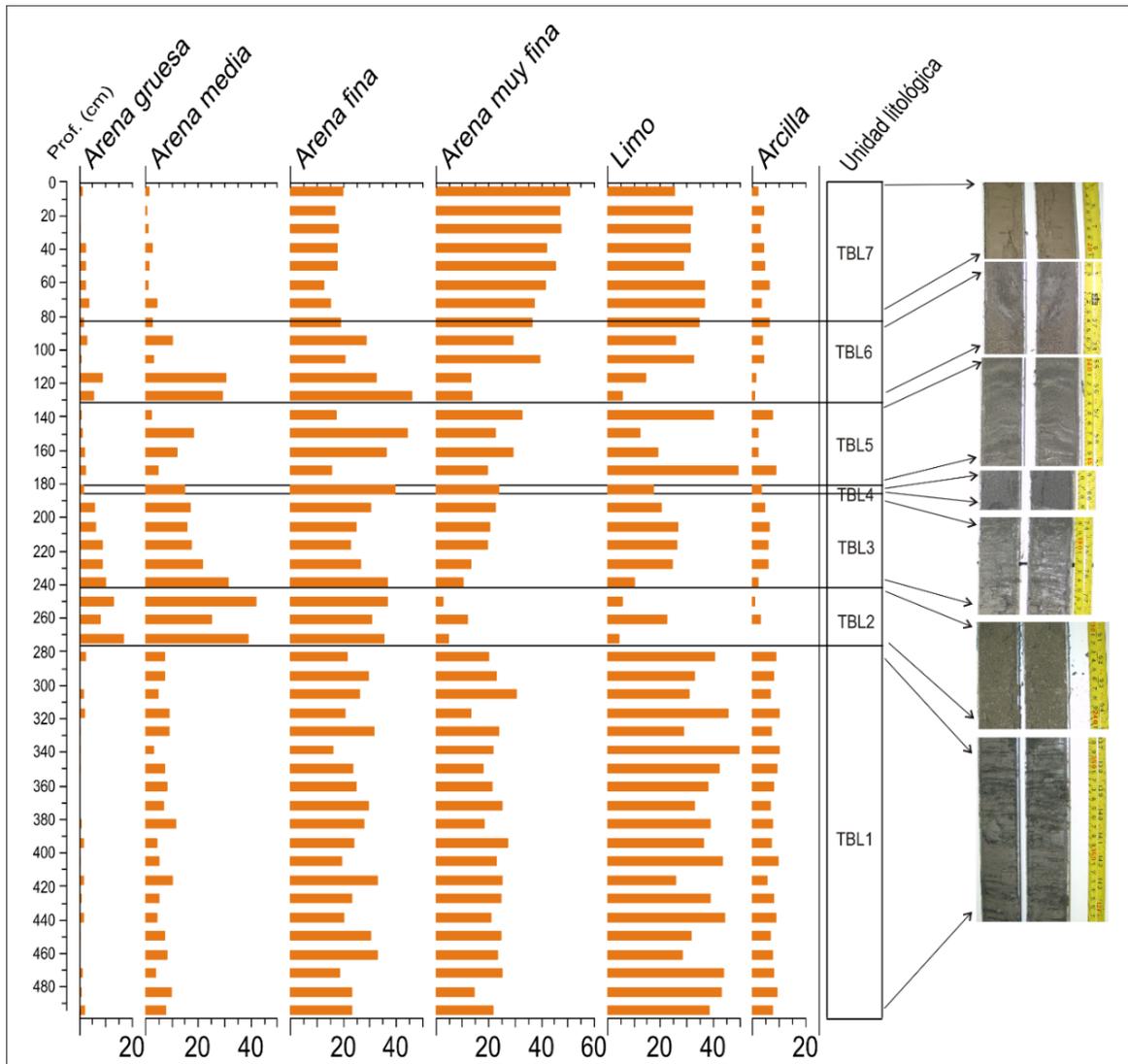


Figura 10. Análisis granulométrico y unidades litológicas del Testigo Canal Tres Brazas. Analista: Julieta Carbonella.

Tabla 4. Descripción sedimentológica y unidades litológicas del Testigo Canal Tres Brazas.

Profundidad (cm)	Descripción	Unidad Litológica
0-83	Arena limo-arcillosa color amarillo grisáceo	TBL7
83-131	Constituida por una secuencia que va de arena fina color rojo negruzco a arena limosa color amarillo grisáceo	TBL6
131-181	Arena limo-arcillosa con intercalaciones de limo arenoso arcilloso de aproximadamente 1 mm, color gris verdoso oscuro	TBL5
181-186	Arena limosa color gris verdoso oscuro	TBL4

186-242	Arena limosa color gris medio con intercalaciones de arena fina de aproximadamente 1 mm de espesor y conchillas de <i>Heleobia australis</i> en los 222 cm	TBL3
242-276	Arena fina color gris medio con conchillas de <i>Heleobia australis</i> en los 267 cm.	TBL2
276-500	Limo arenoso con intercalaciones de arena fina de aproximadamente 3 mm, color gris medio	TBL1

La cronología del Testigo Canal Tres Brazas se basó en cuatro fechados radiocarbónicos obtenidos sobre materia orgánica sedimentaria (Tabla 5).

Tabla 5. Dataciones radiocarbónicas y edades calibradas del Testigo Canal Tres Brazas.

Profundidad (cm)	Laboratorio N°	Edad C14 (años A.P.) convencional	Prob media Intervalo Edad calibrada (años A.P.)	Relación C13/C12 δ ‰
71	AA104475	3.188±64	3.361 (3.176-3.553)	-20.1
231	KIA42949	4.040±70	4.476 (4.240-4.808)	-
280	Beta-282198	4.760±40	5.456 (5.322-5.583)	-21,0
497	Beta-282197	5.090±40	5.809 (5.662-5.907)	-21,2

2. *Testigo KP60BIS*: extraído mediante vibrocócorer por la empresa Boskalis y IADO en el kilómetro 60 (el punto de origen 0 (cero) se ubica en el puerto de Ingeniero White) sobre el canal de acceso al puerto de Bahía Blanca (39°08'34,8689" S - 61° 46'10,0278" O); parte externa del estuario. El techo del testigo está a 11,4 m de profundidad y posee una longitud de 4,0 m. (Figura 11). Se analizaron 41 muestras de sedimento, que corresponden al submuestreo cada 10 cm del testigo. Se establecieron cuatro unidades litológicas presentadas en la Tabla 6 (KPL1, KPL2, KPL3 y KPL4).

Tabla 6. Descripción sedimentológica y unidades litológicas del Testigo KP60BIS.

Profundidad (cm)	Descripción	Unidad Litológica
0-70	Arena media limosa con intercalaciones de arena muy fina limosa y limo arenoso color marrón oscuro con contenido de restos de conchillas de moluscos de tamaño entre 5 y 7 mm (1%).	KPL4
70-255	Limo arenoso color marrón oscuro con algunas laminaciones en las profundidades comprendidas entre 128 y 140 cm y entre los 186 y 192 cm. Entre los 240 y 250 cm de profundidad se observa un nivel de <i>Tagelus plebeius</i> .	KPL3
255-385	Limo arenoso color marrón oscuro con varios niveles (entre los 380-350 cm y los 300-240 cm) con restos de conchillas de moluscos (5%) de aproximadamente 2 a 3 mm de longitud.	KPL2
385-400	Arena fina a media limosa y limo arenoso color verde claro. Contacto superior neto.	KPL1



Figura 11. Fotografía del Testigo KP60BIS, antes de realizar el muestreo.

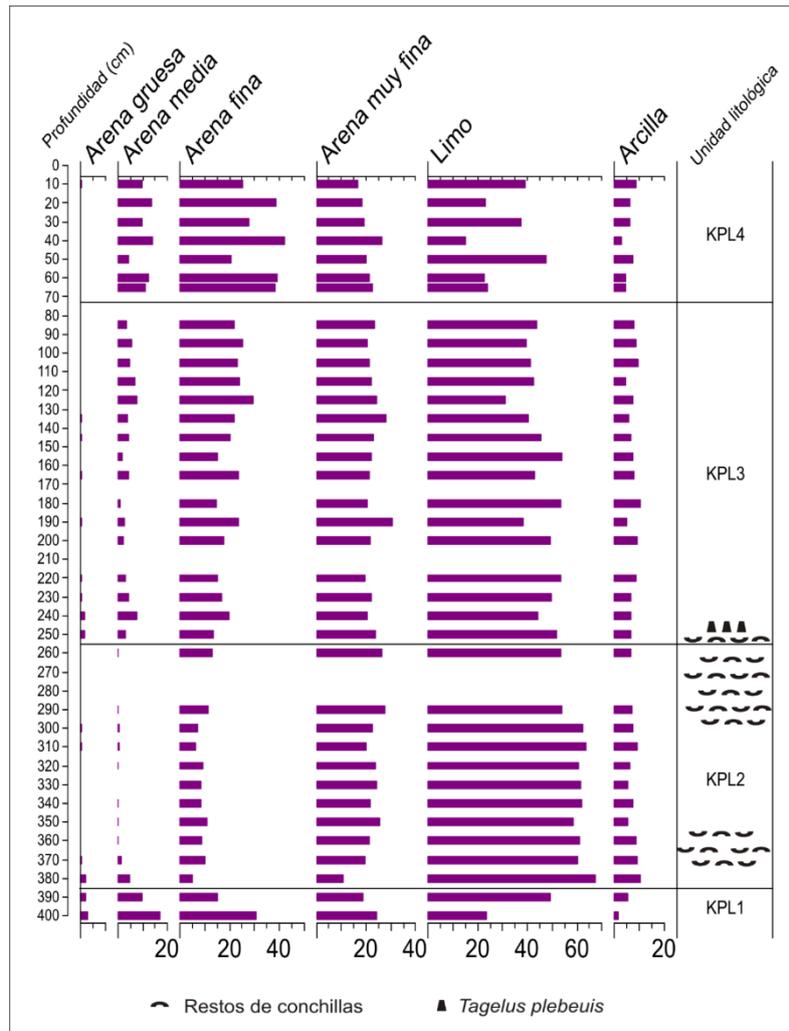


Figura 12. Análisis granulométrico del Testigo KP60BIS. Analista: Julieta Carbonella.

La cronología se basó en cinco dataciones radiocarbónicas obtenidos sobre materia orgánica sedimentaria (Tabla 7).

Tabla 7. Dataciones radiocarbónicas del Testigo KP60BIS.

Profundidad (cm)	Laboratorio N°	Edad C14 (años A.P.) convencional	Prob media-Intervalo Edad calibrada (años A.P.)
77-80	Gra-27126	2.220±60	2.191 (2.019-2.332)
162-165	Gra-27127	1.950±60	1.852 (1.720-1.997)
163-170	Beta-21677	1.900±40	1.793 (1.708-1.887)
310	AA104482	6.130±31	6.953 (6.800-7.156)
337-340	Gra-27128	5.980 ±70	6.770 (6.566-6.952)

3. *Testigo PD24*: extraído de la plataforma continental argentina, adyacente al estuario de Bahía Blanca ($39^{\circ} 20' S$; $61^{\circ} 27' O$), durante la Campaña Oceanográfica de octubre de 2010 del Buque Oceanográfico Puerto Deseado (MINDEF-CONICET) en la zona de El Rincón. El testigo fue extraído mediante un *coring* gravedad-pistón a una profundidad de 16,30 m y posee una longitud de 2,49 m (Figura 13). Se analizaron 26 muestras de sedimento, que corresponden al submuestreo cada 10 cm del testigo. En la Tabla 8 se presenta la descripción sedimentológica acompañada de la profundidad y el nombre de las unidades litológicas usadas en esta Tesis (PDL1, PDL2, PDL3, PDL4 y PDL5).

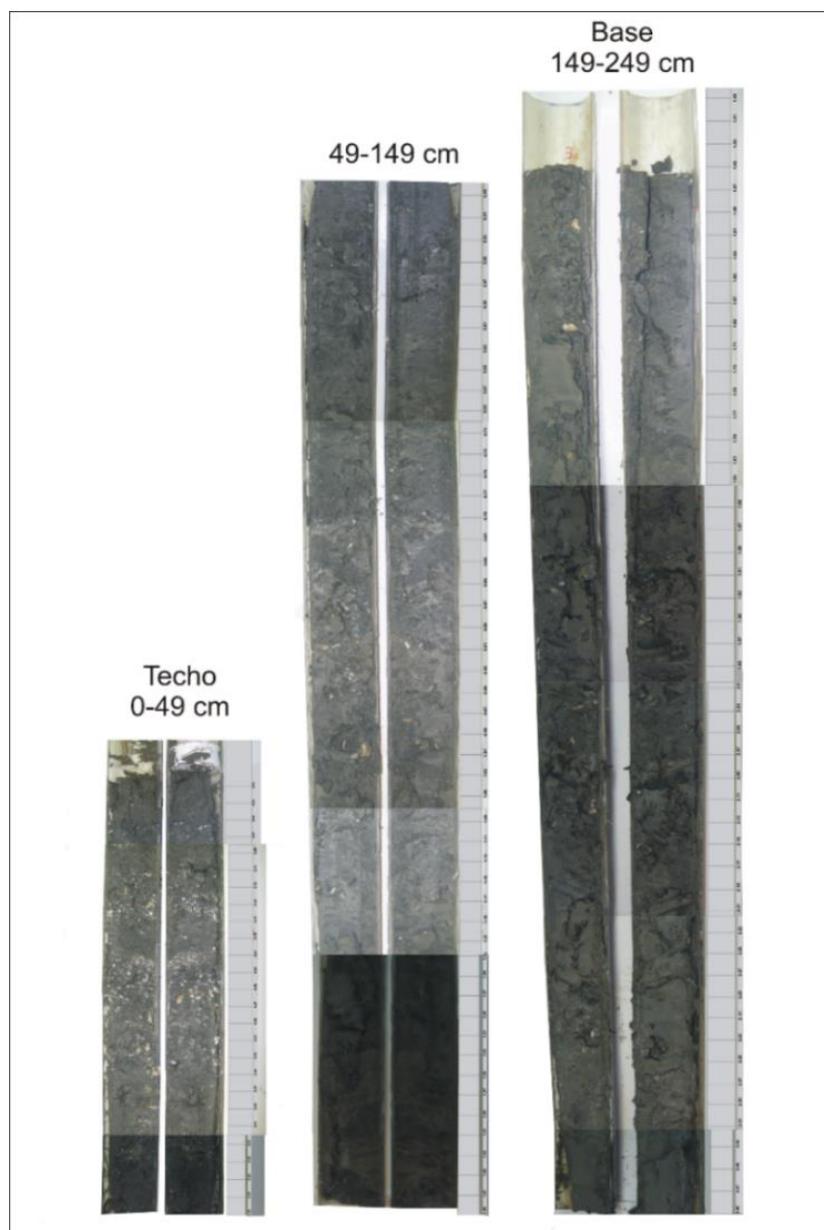


Figura 13. Fotografía del Testigo PD24, antes de realizar el muestreo.

Tabla 8. Descripción sedimentológica y unidades litológicas del Testigo PD24.

Profundidad (cm)	Descripción	Unidad Litológica
0-81	Arena fina a media, con escaso contenido de limo y arcilla, conchillas de <i>Heleobia australis</i> y restos de conchillas de bivalvos (40%) de tamaño menor a 3 mm.	PDL5
81-101	Arena fina con restos de conchillas de bivalvos (10%) de tamaño entre 5 y 8 mm.	PDL4
101-133	Arena media a fina color gris oscuro con pequeñas intercalaciones de limo grueso y con restos de conchillas de bivalvos (3%) de aproximadamente 2 a 5 mm.	PDL3
133-181	Arena fina color gris oscuro con intercalaciones de arena media y arena muy fina. Presenta restos de conchillas (5%) de bivalvos (<i>Corbula patagonica</i>) con tamaños entre 2 y 10 mm aproximadamente.	PDL2
181-249	Alternancia de arena media y arena fina, color gris oscuro, con laminaciones limo arcillosas y restos de conchillas (5%) de bivalvos (<i>Corbula patagonica</i>) de aproximadamente 2 a 10 mm de tamaño.	PDL1

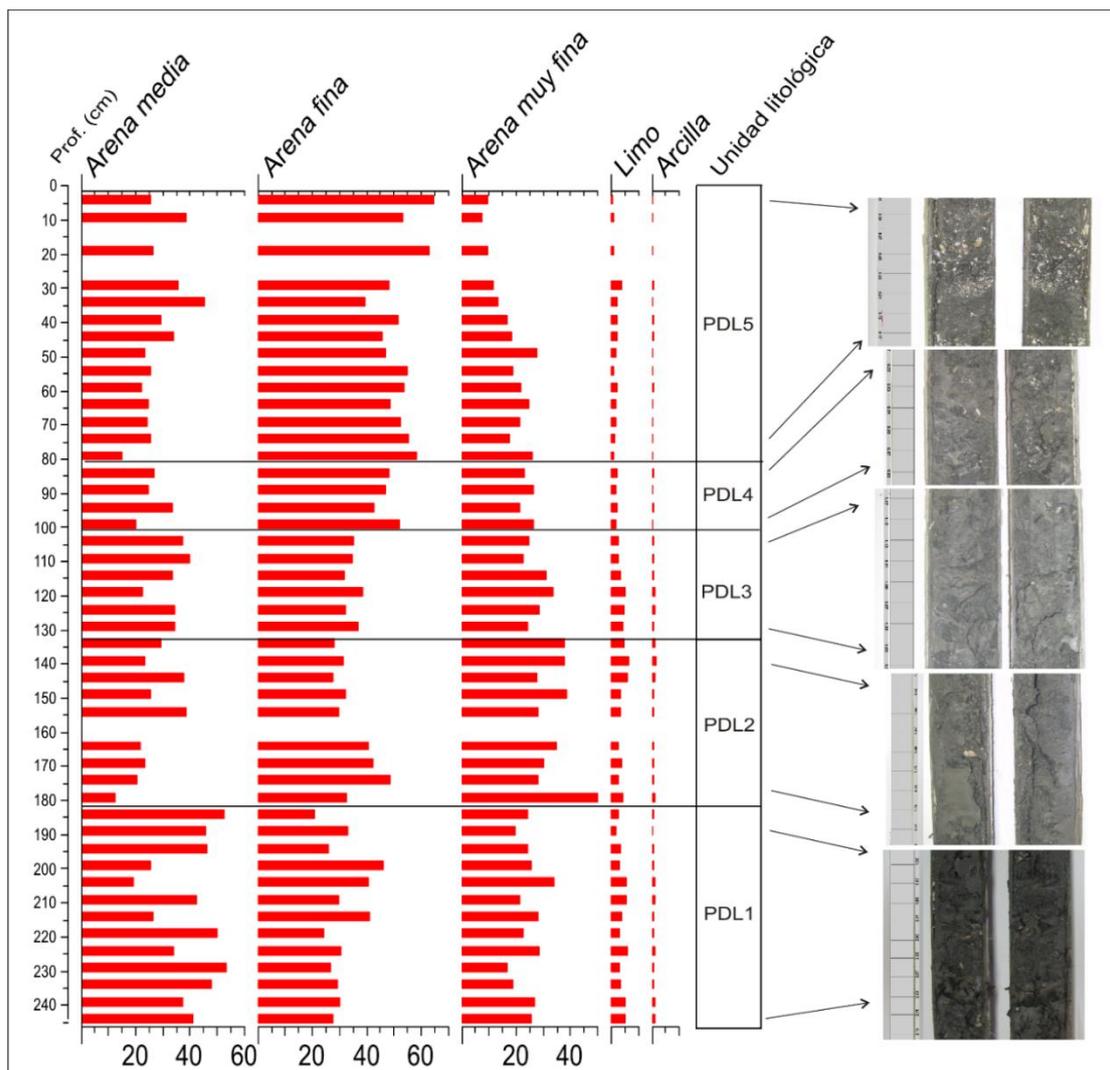


Figura 14. Análisis granulométrico del Testigo PD24. Analista Julieta Carbonella.

El análisis cronológico de los sedimentos del Testigo PD24; se basó en dos dataciones obtenidas sobre materia orgánica sedimentaria (Tabla 9).

Tabla 9. Dataciones radiocarbónicas del Testigo PD24.

Profundidad (cm)	Laboratorio N°	Edad C14 (años A.P.) convencional	Prob media-Intervalo Edad calibrada (años A.P.)
107	KIA44146	6.935±40	7.726 (7.624 – 7.835)
244	KIA44145	7.410±40	8.188 (8.045 – 8.319)

II.2 Fase de Laboratorio

Los preparados palinológicos se obtuvieron en el Laboratorio de Palinología "Vivian Mabel García de Bermejo" (INGEOSUR-UNS) a partir de 30 g de sedimento para las muestras superficiales y de 4,5 cm³ para las muestras fósiles. Estos sedimentos fueron filtrados por tamiz de 150 µm usando una solución de hexametáfosfato de sodio (NaPO₃)₆ como dispersante y posteriormente filtrados por malla de 10 µm. Se le agregaron dos tabletas de esporas foráneas (*Lycopodium clavatum*) a las muestras superficiales y una tableta a las muestras fósiles para calcular la concentración de granos de polen y dinoquistes por gramo de sedimento, usando el método de grano marcador (Stockmarr, 1971). Se empleó un set de tabletas conteniendo un promedio de 18.583 esporas (Batch N°483216). La extracción de la materia orgánica requirió la eliminación de carbonatos con HCl al 10% a temperatura ambiente y la disolución de silicatos con HF al 35% sobre bandeja agitadora. Se agregó nuevamente HCl y filtró finalmente por malla de 10 µm para proceder a elaborar los preparados en gelatina-glicerina, que se encuentran archivados en la Palinoteca del Laboratorio de Palinología (INGEOSUR-UNS) con las siglas LPUNS-TB, LPUNS-PD y LPUNS- KP60 (Tabla 10). No se utilizaron ácidos en caliente para no afectar las paredes de los dinoquistes, especialmente los de pared pigmentada.

Tabla 10. Relación entre el número de muestra, la profundidad y el número de preparado estudiado.

TESTIGO CTB			TESTIGO PD24			TESTIGO KP60BIS		
# Mues.	PROF. (cm)	PREP. LPUNS	# Mues.	PROF. (cm)	PREP. LPUNS	# Mues.	PROF. (cm)	PREP. LPUNS
441	10	TB- 441	239	11	PD- 239	2	10	KP60-2
435	20	TB- 435	229	21	PD- 229	4	20	KP60-4
421	30	TB- 421	219	31	PD- 219	6	30	KP60-6
415	36	TB- 415	209	41	PD- 209	8	40	KP60-8
401	50	TB- 401	199	51	PD- 199	10	50	KP60-10
389	62	TB- 389	189	61	PD- 189	12	60	KP60-12
381	70	TB- 381	179	71	PD- 179	13	65	KP60-13
373	78	TB- 373	169	81	PD- 169	15	75	KP60-15
361	90	TB- 361	159	91	PD- 159	17	85	KP60-17

351	100	TB- 351	149	101	PD- 149	19	95	KP60-19
339	112	TB- 339	139	111	PD- 139	21	105	KP60-21
333	118	TB- 333	129	121	PD- 129	23	115	KP60-23
321	130	TB- 321	119	131	PD- 119	25	125	KP60-25
311	140	TB- 311	109	141	PD- 109	27	135	KP60-27
301	150	TB- 301	101	149	PD- 101	29	145	KP60-29
291	160	TB- 291	87	163	PD- 87	31	155	KP60-31
281	170	TB- 281	77	173	PD- 77	33	165	KP60-33
271	180	TB- 271	67	183	PD- 67	35	175	KP60-35
259	192	TB- 259	65	185	PD- 65	36	180	KP60-36
251	200	TB- 251	57	193	PD- 57	38	190	KP60-38
239	212	TB- 239	49	201	PD- 49	40	200	KP60-40
233	218	TB- 233	37	213	PD- 37	42	210	KP60-42
221	230	TB- 221	27	223	PD- 27	44	220	KP60-44
211	240	TB- 211	17	233	PD- 17	46	230	KP60-46
197	254	TB- 197	7	243	PD- 7	48	240	KP60-48
193	258	TB- 193	3	247	PD- 3	50	250	KP60-50
181	270	TB- 181				52	260	KP60-52
167	284	TB- 167				54	270	KP60-54
163	288	TB- 163				56	280	KP60-56
153	298	TB- 153				58	290	KP60-58
149	302	TB- 149				60	300	KP60-60
141	310	TB- 141				62	310	KP60-62
131	318	TB- 131				64	320	KP60-64
121	330	TB- 121				66	330	KP60-66
113	338	TB- 113				68	340	KP60-68
99	352	TB- 99				70	350	KP60-70

91	360	TB- 91				72	360	KP60-72
79	372	TB- 79				74	370	KP60-74
71	380	TB- 71				76	380	KP60-76
61	390	TB- 61				78	390	KP60-78
41	410	TB- 41				79	400	KP60-79
31	420	TB- 31						
22	429	TB- 22						
14	437	TB- 14						
9	442	TB- 9						
2	449	TB- 2						

II.3 Fase de Gabinete

II.3.1 Análisis microscópico

La identificación de los palinomorfos: polen, quistes de dinoflagelados (dinoquistes), acritarcos y PNP's se realizó en un microscopio óptico Nikon Eclipse 80i con una magnificación de 400x y 1000x (con objetivo de inmersión), mediante técnicas de luz transmitida normal. Se identificaron y contaron un mínimo de 300 palinomorfos por cada nivel.

Para la identificación de los palinomorfos se utilizaron atlas y claves publicadas ([Heusser, 1971](#); [Markgraf y D'Antoni, 1978](#); [Rochon et al., 1999](#); [Head et al., 2001](#); [Prieto y Quattrocchio, 1993](#); [van Geel, 2001](#); [Head et al, 2003](#) y [Borel et al, 2003](#)) y la colección de referencia de polen del Laboratorio de Palinología (INGEOSUR-UNS).

Para tomar las coordenadas de los ejemplares estudiados se empleó la reglilla *England Finder*. Las microfotografías de los palinomorfos se obtuvieron mediante una cámara Nikon Coolpix conectada al microscopio antes mencionado.

II.3.2 Análisis de datos

Diagramas de frecuencias relativas

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos en los conteos; se realizaron diagramas de abundancia relativa (de porcentaje) y de concentración (granos/g; dinoquistes/g) usando el

programa TILIA y TILIA GRAPH (Grimm, 2004). Los porcentajes de polen fueron calculados en relación a la suma total de polen, excluyendo el polen extraregional (de larga distancia) y los indeterminados (aquellos cuya afinidad botánica se desconoce o cuyas condiciones de preservación no hicieron posible su asignación taxonómica). En el caso de las muestras actuales se excluyeron los tipos polínicos introducidos. Los porcentajes de esporas de briofitas y pteridofitas se calcularon sobre la suma total de polen + la suma total de las esporas. Los porcentajes de esporas fúngicas se calcularon sobre la suma total de polen + la suma total de las esporas fúngicas.

Los porcentajes de los dinoquistes, acritarcos, algas clorofíceas, cianobacterias y otros PNPs acuáticos (huevos de invertebrados, quistes de tintínidos, *linings* de foraminíferos) se calcularon sobre la suma de dinoquistes + la suma de acritarcos + la suma de algas clorofíceas + la suma de cianobacterias + la suma de otros PNPs. Los dinoquistes fueron agrupados de acuerdo a su sistema de nutrición en dos grandes grupos fototróficos y heterotróficos, con el fin de mostrar la variación en el aporte de nutrientes a lo largo de todo el testigo.

Análisis de agrupamiento estratigráficamente restringido

Las zonas polínicas fueron determinadas por el análisis de agrupamiento (*Cluster Analysis*) estratigráficamente restringido del programa CONISS (Grimm, 2004), utilizando la distancia cuerda de Edwards y Cavalli-Sforza. Los tipos polínicos usados para el *Cluster Analysis* fueron los que tienen porcentajes $\geq 2\%$ por lo menos en una muestra.

Las zonas palinológicas fueron determinadas con el mismo programa para los dinoquistes, acritarcos, algas y otros PNPs que tienen porcentajes superiores al 2% por lo menos en una muestra.

Análisis de Correspondencia Destendenciado (ACD) (Grimm, 2004)

El ACD se realizó para el Testigo CTB para establecer la similitud de las condiciones ambientales entre las muestras de superficie actuales y las muestras del registro fósil basado en los espectros polínicos de las muestras de superficie y de las muestras fósiles y las preferencias en las condiciones ecológicas para cada una de las especies encontradas. Se incluyen todos los taxos de la suma polínica superiores al 3% de las muestras superficiales y las fósiles. Se realizó sólo en el Testigo CTB, debido a que fue el único que presentó correspondencia con las

muestras actuales. El ACD para los Testigos KP60BIS y PD24 dió negativo, es decir no hubo correspondencia en la ordenación de las muestras fósiles y las actuales.

Análisis de Componentes Principales (ACP) (Hotelling, 1933)

Se realizó la comparación entre las muestras de polen superficiales del estuario de Bahía Blanca y las muestras de la secuencia fósil del Testigo CTB mediante Análisis de Componentes Principales (ACP). Las variables seleccionadas, fueron las que tienen interés paleoambiental y/o paleoclimático. Los tipos polínicos de características ecológicas similares se agruparon y las variables consideradas fueron: Chenopodiaceae (Ch), Poaceae (Po), Asteraceae (As), Bosque xerofítico (Bx) e Hidrófilas (Hi).

Análisis de la relación Poaceae/Chenopodiaceae (P/Ch)

El índice (P/Ch) se calculó en los tres testigos estudiados como la relación entre los porcentajes relativos de Poaceae versus Chenopodiaceae, y se utiliza como un índice de estabilidad de ambientes en relación con las fluctuaciones del nivel del mar. La relación se hace analizando el desarrollo de las dos principales familias que habitan sobre las marismas de la zona intermareal en el estuario y área supramareal adyacente y los requerimientos de *Sarcocornia perennis* (Ch) y otras Chenopodiaceae en comparación con *Spartina alterniflora* (P). *S. perennis* requiere de un hábitat con suelo estable, para lograr un arraigo efectivo, debido a su proceso de propagación y medio de reproducción de tipo rastrero (Perillo y Piccolo, 2004). *S. perennis* es encontrada en niveles superiores con períodos de exposición prolongados (González Trilla, 2013) mientras que *Spartina alterniflora* ocurre en parches, en ambientes protegidos sujetos a altas tasas de sedimentación, en la zona intermareal baja, sujeta a inundaciones de las mareas altas.

$$\text{Índice } \frac{P}{Ch} = \frac{\text{Frecuencia relativa de Poaceae}}{\text{Frecuencia relativa de Chenopodiaceae}}$$

Análisis de la relación Polen/Dinoquistes (P/Q)

El índice P/Q se calculó en los tres testigos estudiados como la relación entre el número total de granos de polen y el número total de quistes de dinoflagelados contados en cada muestra. Se utiliza para establecer los cambios en la relación entre el aporte continental (polen) versus el aporte de origen marino (dinoquistes) a lo largo de los testigos.

$$\text{Índice } \frac{P}{Q} = \frac{N^{\circ} \text{ total de granos de polen}}{N^{\circ} \text{ total de quistes de dinoflagelados}}$$

Análisis de la relación Dinoquistes heterotróficos/Dinoquistes fototróficos (H/F)

El índice H/F se calculó en el Testigo PD24 como la relación entre el número de quistes de dinoflagelados heterotróficos y el número de quistes de dinoflagelados fototróficos contados en cada muestra. Se utiliza para complementar al análisis realizado con los indicadores geoquímicos y establecer los cambios en la productividad a lo largo del testigo.

$$\text{Índice } \frac{H}{F} = \frac{N^{\circ} \text{ total de quistes de dinoflagelados heterotróficos}}{N^{\circ} \text{ total de quistes de dinoflagelados fototróficos}}$$

Indicadores geoquímicos

El Testigo PD24 dispone de indicadores geoquímicos de la materia orgánica sedimentaria utilizados y discutidos como indicadores de los cambios ambientales y aplicados a la reconstrucción paleoambiental. Los indicadores analizados son: contenido de Nitrógeno total (% Ntot), contenido de Carbono orgánico (% Corg), la relación atómica Carbono/Nitrógeno (C/N), la relación isotópica de C ($\delta^{13}\text{C}$) y la relación isotópica de N ($\delta^{15}\text{N}$).

III. SISTEMÁTICA

Se incluyen en esta sección las descripciones sistemáticas de los quistes de dinoflagelados identificados en las secciones fósiles estudiadas en el estuario de Bahía Blanca y área interna adyacente de la plataforma.

Lista Taxonómica de especies de quistes de dinoflagelados identificados

DIVISIÓN *DINOFLAGELLATA* (Bütschli) Fensome *et al.*, 1993

CLASE *DINOPHYCEAE* Pascher, 1914

SUBCLASE *PERIDINIPHYCIDAE* Fensome *et al.*, 1993

ORDEN *GONYAULACALES* Taylor, 1980

SUBORDEN *GONYAULACINEAE* (autonimia)

FAMILIA *GONYAULACACEAE* Lindemann, 1928

Subfamilia *Cribroperidinioideae* Fensome *et al.*, 1993

Operculodinium centrocarpum (Deflandre y Cookson, 1955) *sensu* Wall, 1967

Lingulodinium sp. cf. *L. machaerophorum* (Deflandre y Cookson, 1955) Wall, 1967

Subfamilia *Incierta*

Melitasphaeridium choanophorum (Deflandre y Cookson, 1955) Harland y Hill, 1979

Subfamilia *Gonyaulacoideae* (autonimia)

Spiniferites bentorii (Rossignol, 1964) Wall y Dale, 1970

Spiniferites bulloideus (Deflandre y Cookson, 1955) Sarjeant, 1970

Spiniferites mirabilis (Rossignol, 1964) Sarjeant, 1970

Spiniferites ramosus (Ehrenberg, 1838) Loeblich y Loeblich, 1966

Spiniferites sp. cf. *S. pachydermus* (Rossignol, 1964) Reid, 1974

ORDEN *PERIDINIALES* Haeckel, 1894

SUBORDEN *PERIDINIINEAE* (autonimia)

FAMILIA *PERIDINIACEAE* Ehrenberg, 1831

Subfamilia *Calciodinelloideae* Fensome *et al.*, 1993

Quiste de *Pentapharsodinium dalei* Indelicato y Loeblich III, 1986

FAMILIA *PROTOPERIDINIACEAE* Balech, 1988

Subfamilia *Protoperidinioideae* (*autonimia*)

Islandinium minutum Head *et al.*, 2001

Islandinium? cezare Head *et al.*, 2001

Quiste de *Archaeoperidinium* sp. A

Quiste de *Archaeoperidinium* sp. B

Echinidinium sp. cf. *E. delicatum* (Zonneveld, 1997) Head *et al.*, 2001

Echinidinium sp. cf. *E. aculeatum* (Zonneveld, 1997) Head *et al.*, 2001

Echinidinium sp. cf. *E. zonneveldiae* Head, 2002

Brigantedinium simplex (Wall, 1965) Lentin y Williams, 1993

Brigantedinium cariacense (Wall, 1965) Lentin y Williams, 1993

Selenopemphix quanta (Bradford, 1975) Matsuoka, 1985

Selenopemphix sp.

Lejeunecysta sp. A

Lejeunecysta sp. B

Stelladinium stellatum (Wall, 1967) Reid, 1977

Votadinium calvum Reid, 1977

Votadinium spinosum Reid, 1977

Subfamilia *Diplopsalioideae* Abé, 1981

Dubridinium sp. cf. *D. caperatum* Reid, 1977

SUBCLASE *GYMNODINIPHYSIDAE* Fensome *et al.*, 1993

ORDEN *GYMNODINIALES* Apstein, 1909

SUBORDEN *GYMNODINIINEAE* (*autonimia*)

FAMILIA *POLYKRIKACEAE* Kofoid y Swezy, 1921

Quiste de *Polykrikos* sp. cf. *P. schwartzii* (Bütschli, 1873) *sensu* Matsuoka *et al.*, 2009

FAMILIA *GYMNODINIACEAE* (Bergh, 1881) Lankester 1885

Quiste de *Gymnodinium* sp.

División *Dinoflagellata* (Bütschli) Fensome *et al.*, 1993

Clase *Dinophyceae* Pascher, 1914

Subclase Peridiniphyceae Fensome *et al.*, 1993

Orden *Gonyaulacales* Taylor, 1980

Suborden *Gonyaulacineae* (autonimia)

Familia *Gonyaulacaceae* Lindemann, 1928

Subfamilia *Cribroperidinioideae* Fensome *et al.*, 1993

Género *Operculodinium* (Wall, 1967) Matsuoka *et al.*, 1997

Especie tipo *Operculodinium centrocarpum* (Deflandre y Cookson, 1955) *sensu* Wall, 1967

Operculodinium centrocarpum (Deflandre y Cookson, 1955) *sensu* Wall, 1967

(Lámina 1, Figuras A-H)

Descripción: quistes de color marrón muy claro a translúcido con el cuerpo central esférico. La superficie de la pared es ornamentada. Los procesos son delgados, rígidos, huecos, radiales y distribuidos uniformemente en todo el quiste. El diámetro es constante a lo largo del proceso. Las terminaciones de los procesos son capitadas o ligeramente bifurcadas. La longitud de los procesos es constante dentro de cada espécimen. Las bases de los procesos son circulares, con un diámetro que no supera 1 μm . Presentan un arqueopilo precingular (3”).

Principal material estudiado: LPUNS-TB 2 (Z5/1), LPUNS-TB 9a (D26/3), LPUNS-TB 41b (E22/4), LPUNS-TB 76a (T38), LPUNS-TB 131b (X46/2, L46/4), LPUNS-TB 197a (T37), LPUNS-TB 221b (S51/3), LPUNS-TB 233b (W31/1), LPUNS-TB 401a (Z25/1)

Dimensiones: diámetro del cuerpo del quiste: 30-50 μm ; longitud de los procesos: 7-12 μm (10 ejemplares medidos).

Observaciones: algunos especímenes tienen los procesos truncados; la longitud varía entre 3 y 5 μm y fueron en esta tesis identificados como *O. centrocarpum* procesos cortos (Lámina 1, Figuras E-H).

Ecología: es el quiste de *Protoceratium reticulatum* (Claparède y Lachmann) Bütschli. *O. centrocarpum* es encontrado desde la región polar hasta la región ecuatorial y en sitios de mar abierto, con TSM (temperatura superficial del agua de mar) de -2,1 a 29,8 °C (primavera-verano) y SSM (salinidad superficial del agua de mar) de 9,8 a 39,4 ‰ (verano). Abundancias altas ocurren en las temperaturas subpolares del Océano Atlántico Norte. Puede estar en sitios donde la TSM es menor a 0 °C a lo largo del todo el año. Abundancias relativas altas se observan en regiones donde la salinidad es reducida como resultado del ingreso del agua de deshielo en el verano o por la descarga de los ríos (Zonneveld *et al.*, 2013). Está ampliamente representado

en los sedimentos de la plataforma argentina desde la región costera hasta el talud (Akselman et al., 2015).

Género *Lingulodinium* (Wall, 1967) emend Wall y Dale en Wall et al., 1973

Especie tipo *Lingulodinium machaerophorum* (Deflandre y Cookson, 1955) Wall, 1967

Lingulodinium sp. cf. *L. machaerophorum* (Deflandre y Cookson, 1955) Wall, 1967

(Lámina 1, Figuras I-P)

Descripción: quistes translúcidos con el cuerpo central esférico. La superficie de la pared es microgranulada. Los procesos son flexibles, huecos y aparentemente intratabulares, con una separación entre procesos que varía, dependiendo del espécimen, entre 3 y 6 μm aproximadamente, nunca se ramifican ni se fusionan. El diámetro varía a lo largo del proceso; la mayoría de los procesos son cónicos y unos pocos se van reduciendo levemente desde la base hacia el extremo (*tapering*). Las terminaciones de los procesos son acuminadas, flexuosas y algunas truncadas, presentan pequeñas espínulas. La longitud de los procesos varía en pequeñas proporciones dentro del mismo espécimen. Las bases de los procesos son circulares, estriadas y amplias, variando entre 2 y 3 μm su diámetro. El arqueopilo es precingular, con morfología variable y no es posible identificar cuáles son las placas involucradas en los especímenes estudiados.

Principal material estudiado: LPUNS-PD24 101a (Q34/4), LPUNS-PD24 101a (J34), LPUNS-PD24 109a (P23/1), LPUNS-PD24 239a (Z13), LPUNS-PD24 239a (D14).

Dimensiones: diámetro del cuerpo del quiste: 20-36 μm ; longitud de los procesos: 6-14 μm (5 ejemplares medidos).

Observaciones: en cuanto a las dimensiones de los especímenes estudiados en comparación con el material descrito por Wall (1967), se observa menor diámetro del cuerpo central y menor longitud de los procesos. El ancho de algunos pocos procesos se conserva a lo largo del proceso. Algunos especímenes presentan procesos más delgados y más largos (Lámina 1, Figuras M-P). Los especímenes estudiados presentan similitud con especímenes del Mar de Japón, los que fueron comparados con quistes de otros ocho sitios oceánicos diferentes para establecer la variación de los procesos en respuesta a las condiciones de salinidad (Mertens et al., 2009). Los especímenes de Japón tienen una longitud de procesos que varía de 4 a 16 μm , y los estudiados en esta tesis varían de 6 a 14 μm . Se asigna con dudas a la especie *machaerophorum* porque no se observó el arqueopilo en ninguno de los especímenes registrados.

Ecología: es el quiste de *Lingulodinium polyedrum* (von Stein) Dodge. Es una especie de

amplia distribución; está en áreas costeras cálidas, templadas y subtropicales (Dodge, 1989; Steidinger y Tangen, 1996) y en condiciones de salinidad alta (Lewis y Hallett, 2002, en Yu y Berglund, 2007).

En los sedimentos actuales del Atlántico Norte los altos porcentajes de quistes de *L. machaerophorum* están relacionados con aguas superficiales con temperaturas de 15°C en el invierno y alrededor de 27°C en el verano (Edwards y Andrie, 1992). Los primeros estudios de *L. machaerophorum* fueron realizados en los testigos extraídos sobre la planicie abisal de la Cuenca de Yucatán; situada al sur de Cuba y en aguas profundas de la depresión localizada en el límite norte de la plataforma continental de la costa venezolana (Wall, 1967).

Varios estudios (Dale, 2009; Sangiorgi *et al.*, 2005) han encontrado que el incremento en la abundancia de *L. machaerophorum* refleja una eutrofización en estuarios profundos con aguas estratificadas o con amplia descarga fluvial (Pospelova y Kim, 2010), donde existen altos y bajos valores de salinidad superficial, con TSM entre 0 – 29,8 °C (invierno- verano) y con un rango de SSM de 8,5–39,4 ‰ (verano-otoño).

Es abundante en regiones con fuerte variabilidad estacional en el estado trófico de las aguas superficiales, tales como las áreas de surgencia (*upwelling*), donde las condiciones eutróficas predominan sólo en el tiempo de surgencia activa o tiempo de debilitamiento de la surgencia, y donde las condiciones oligotróficas existen en tiempos de reducida o nula surgencia (Zonneveld *et al.*, 2013). En el Mar Argentino, fue registrada en EPEA (Estación Permanente de Estudios Ambientales) por Akselman (en Vilanova *et al.*, 2008).

Subfamilia Incierta

Género *Melitasphaeridium* Harland y Hill, 1979

Especie tipo *Melitasphaeridium choanophorum* (Deflandre y Cookson, 1955) Harland y Hill, 1979

Melitasphaeridium choanophorum (Deflandre y Cookson, 1955) Harland y Hill, 1979

(Lámina 1, Figuras Q-T; Lámina 2, Figuras A-H)

Descripción: quistes translúcidos con el cuerpo central esférico. La superficie de la pared es lisa. Los procesos son tubulares, largos, rígidos, lisos y huecos, y están distribuidos aleatoriamente. En el material estudiado se observa variación en el diámetro de los procesos, inclusive dentro del mismo espécimen, presentando procesos delgados y otros más robustos. Las terminaciones de los procesos son variables; la mayoría de las terminaciones son expandidas en forma de embudo con el desarrollo de plataformas amplias o reducidas con márgenes lisos, aserrados o en forma de estrella. La longitud de los procesos varía en pequeñas

proporciones en cada espécimen. Las bases de los procesos son circulares, con un diámetro que varía entre 1 y 3 μm .

Principal material estudiado: LPUNS-TB 9b (T42/2), LPUNS-TB 113b (D4/0), LPUNS-TB 131b (L40/0), LPUNS-TB 149a (23K/3), LPUNS-TB 197a (Q43), LPUNS-TB 211c (H43/1), LPUNS-TB 381c (O18), LPUNS-PD24 27b (S19/3), LPUNS-PD24 37b (P16/4), LPUNS-PD24 87b (X44/1), LPUNS-PD24 101b (W34 2/1, P15), LPUNS-PD24 239a (H13).

Dimensiones: diámetro de cuerpo del quiste: 26-47 μm ; longitud de los procesos: 8-13 μm (14 ejemplares medidos).

Observaciones: en algunos de los especímenes revisados se observa el arqueopilo precingular. La expansión de las terminaciones de los procesos es muy variable entre los especímenes estudiados. El ancho de las plataformas del extremo distal de los procesos varía entre 0,5 a 1 μm dentro del mismo espécimen (Lámina 2, Figuras A-D), mientras en otros especímenes son mucho más desarrolladas con un rango entre 6,3 y 6,7 μm (Lámina 2, Figuras E-H). Las dimensiones del diámetro del cuerpo central y de la longitud de los procesos es menor en comparación al holotipo descrito para esta especie por [Harland y Hill \(1979\)](#).

Ecología: en base al registro fósil, es considerado un buen indicador de aguas superficiales cálidas ([Head et al., 1989](#) en [Head, 1997](#)). Se ha relacionado con intervalos isotópicos más cálidos en el Plioceno del Mediterráneo ([Head, 1997](#)). En el Golfo de México se ha reportado *M. choanophorum* en muestras de sedimentos superficiales, interpretándose que el golfo ha funcionado como una zona protegida con TSM que varía de 26 a 30°C en el verano; 18 a 25 °C en invierno y SSM entre 0 – 36 ‰, condiciones que permiten el desarrollo de especies endémicas. Esta sugerencia es justificada por la presencia de otras especies endémicas del Plioceno en el golfo y sus alrededores ([Limoges et al., 2013](#)). En Argentina esta especie forma parte de las asociaciones miocenas de dinoquistes provenientes de la Cuenca del Colorado ([Guler y Guerstein, 2003](#)) y también en los sedimentos actuales de Canal del Medio y Villa del Mar, en el estuario de Bahía Blanca. No se conocen registros de *M. choanophorum* para el Pleistoceno, los últimos registros están en el Plioceno, como lo indican los trabajos citados en [Guler y Guerstein \(2003\)](#), [Head \(1997\)](#) y [Limoges et al. \(2013\)](#).

Subfamilia *Gonyaulacoideae* (Autonimia)

Género *Spiniferites* ([Mantel, 1850](#)), emend. [Sarjeant, 1970](#)

Especie tipo *Spiniferites ramosus* ([Ehrenberg, 1838](#)) [Loeblich y Loeblich, 1966](#)

Spiniferites bentorii ([Rossignol, 1964](#)) [Wall y Dale, 1970](#)

(Lámina 2, Figuras M-P)

Descripción: quistes translúcidos con el cuerpo central subsférico, con una protuberancia apical pronunciada. La superficie de la pared es microgranulada. La pared es gruesa (1-2 μm), formada por dos capas: el endofragma y el perifragma. Los procesos son delgados, largos, gonales y trifurcados; cuando están bien desarrollados. Las terminaciones son bífidas. Se observa claramente la paratabulación. Presentan un arqueopilo precingular reducido (3”).

Principal material estudiado: LPUNS-TB 2c (R5/1, V12/2), LPUNS-TB 233b (Z30), LPUNS-TB 271c (W39/4), LPUNS-TB 339a (V10/2, R16/1), LPUNS-TB 441c (Z11/3).

Dimensiones: diámetro del cuerpo del quiste: 45-50 x 34-50 μm ; longitud de los procesos: 8-12 μm (7 ejemplares medidos).

Observaciones: en cuanto a las dimensiones de los especímenes estudiados en comparación con el holotipo de esta especie (Rossignol, 1964) se observa que el diámetro del cuerpo central y de los procesos son menores.

Ecología: es el quiste de *Gonyaulax digitalis* (Pouchet) Kofoid, de acuerdo a Wall y Dale (1967, p.352) y Dodge (1989, p.283). *S. bentorii* es encontrado en zonas costeras templadas a ecuatoriales, con altos niveles de abundancia en ambientes mesotróficos a eutróficos en zonas de surgencia (*upwelling*), con TSM de 0,02 – 29,8 °C (invierno-primavera) con veranos >11,2 °C y SSM en el rango 27,5 – 39,4 ‰ (primavera-otoño) (Zonneveld *et al.*, 2013). Es encontrado en estudios de sedimentos superficiales en la zona costera del Golfo de Tailandia (Srivilai *et al.*, 2012) y en muestras de un testigo del Norte del mar Asiático (Sangiorgi y Donders, 2004). Está incluido en el registro de especies encontradas en el Atlántico Norte y el Mar Mediterráneo en sedimentos Cuaternarios (de Vernal *et al.*, 1992).

Spiniferites bulloideus (Deflandre y Cookson) Sarjeant, 1970

(Lámina 2, Figuras Q-T)

Descripción: quistes translúcidos con el cuerpo central subsférico. La superficie de la pared es microgranulada. El perifragma es delgado y liso; cubre el endofragma formando los procesos y los septos suturales. Los procesos son huecos, simples, largos, gonales y trifurcados. Las terminaciones son bífidas. En los procesos antapicales hay un par que se encuentran unidos por una cresta más alta; estos procesos están bien desarrollados con terminaciones expandidas en forma de trompeta. Son de mayor longitud y más anchos que el resto de los otros procesos. Presentan un arqueopilo precingular reducido (3”).

Principal material estudiado: LPUNS-KP60 29a (S7/3), LPUNS-KP60 46a (Y14/2), LPUNS-KP60 48a (K42/4), LPUNS- KP60 50a (V33/1), LPUNS- KP60 52a (U6/2), LPUNS- KP60 58a (V29/1).

Dimensiones: diámetro del cuerpo del quiste: 23-38 μm (largo) x 21-35 μm (ancho); longitud de los procesos: 8-13 μm , longitud de los procesos antapicales: 9-13 μm . El espesor de la pared es menor a 1 μm (6 ejemplares medidos).

Ecología: es el quiste de *Gonyaulax scrippsae* [Kofoid \(1911\)](#), de acuerdo a [Wall y Dale \(1967, p.352; 1968, p.270\)](#). *S. bulloideus* es encontrado en el estuario de Bahía Blanca en muestras del Holoceno extraídas de un perfil realizado en la barranca erosiva del Canal del Medio, parte interna del estuario, y en sedimentos obtenidos del Testigo PS2, extraídos en la parte externa ([Borel y Gómez, 2006; Gómez et al., 2005](#)). También es encontrado en estudios de sedimentos superficiales en la zona costera del Golfo de Tailandia, zona de riesgo para invasión tóxica de quistes de dinoflagelados ([Srivilai et al., 2012](#)). Está incluido en el registro de especies encontradas en el Atlántico Norte y el Mar Mediterráneo en sedimentos Cuaternarios ([de Vernal et al, 1992](#)).

Spiniferites mirabilis ([Rossignol, 1964](#)) [Sarjeant, 1970](#)

(Lámina 3, Figuras A-D)

Descripción: quistes translúcidos con el cuerpo central subsférico. La superficie de la pared es microgranulada. Los procesos son huecos, simples, largos, gonales e intergonales, bi y trifurcados. Las terminaciones son bífidas. Los procesos antapicales están unidos por una cresta alta uniendo las paraplacas 1'' y 4''. Presentan un arqueopilo precingular (tipo P).

Principal material estudiado: LPUNS-PD24 67a (Z25/1), LPUNS-PD24 101b (Q13), LPUNS-PD24 129a (J10/0), LPUNS-PD24 179a (G16/3).

Dimensiones: dimensiones del cuerpo del quiste: 35-63 μm (largo) x 27-50 μm (ancho); longitud de los procesos: 8-15 μm , longitud de los procesos antapicales: 13-25 μm , espesor de la pared: 1 μm (4 ejemplares medidos).

Observaciones: en cuanto a las dimensiones de los especímenes estudiados en comparación con la descripción para esta especie se observa que algunos ejemplares registrados tienen dimensiones del cuerpo central y longitud de los procesos menores.

Ecología: es el quiste de *Gonyaulax spinifera* ([Claparède y Lachmann](#)) [Diesing](#). Fue encontrado en ensayos de germinación realizados en sedimentos superficiales de muestras colectadas en el 2002 en Bahía Concepción, Golfo de California ([Morquecho et al., 2009](#)). En

la actualidad se encuentra en ambientes neríticos internos y oceánicos (Harland, 1983), frecuentemente asociado a condiciones cálidas templadas (Head, 1996), con TSM entre 0–29,0 °C y con SSM entre 28,0–37,0 ‰. Es observado en regiones templadas y ecuatoriales en ambos hemisferios. Las abundancias relativas altas ocurren en regiones oligotróficas a eutróficas, en áreas donde la salinidad es reducida estacionalmente o a lo largo del año.

Está incluido en el registro de especies encontradas en el Atlántico Norte y el Mar Mediterráneo en sedimentos Cuaternarios (de Vernal *et al.*, 1992).

Spiniferites ramosus (Ehrenberg, 1838) Loeblich y Loeblich, 1966

(Lámina 3, Figuras E-H)

Descripción: quistes translúcidos con el cuerpo central esférico a subsférico. La superficie de la pared es lisa. La pared es gruesa. Los procesos son huecos, largos, gonales e intergonales y bifurcados distalmente. Tienen crestas suturales bajas pero se elevan hacia los procesos gonales. Presentan un arqueopilo precingular (3”).

Principal material estudiado: LPUNS-KP60 19b (S40, O42/1), LPUNS-KP60 44a (M3) LPUNS-TB 2c (T30/4), LPUNS-TB 149a (F15/0), LPUNS-TB 211b (N37/4), LPUNS-TB 239a (S31/1), LPUNS-TB 351b (G43/4).

Dimensiones: dimensiones del cuerpo del quiste: 26-50 µm (alto) x 25-50 µm (ancho), longitud de los procesos: 4-12 µm (8 ejemplares medidos).

Observaciones: los especímenes estudiados tienen procesos con trifurcaciones distales y puntas bifurcadas similares a los estudiados por Rochon *et al.* (1999). En cuanto a las dimensiones algunos de los estudiados son de menor tamaño en comparación con los especímenes encontrados en los sedimentos superficiales del Atlántico Norte y áreas adyacentes (Rochon *et al.*, 1999).

Ecología: es el quiste de *Gonyaulax spinifera* (Claparède y Lachmann) Diesing, de acuerdo a Dodge (1989, p.289). *S. ramosus* es una especie cosmopolita con distribución subpolar a ecuatorial, encontrado en regiones donde las condiciones de salinidad pueden ser reducidas permanente o estacionalmente por descargas fluviales. Ocurre en regiones oligotróficas. Las altas abundancias ocurren en ambientes estacionalmente mesotróficos a eutróficos en áreas con influencia de surgencia. El rango de TSM es de 0–29,0 °C y en el verano de 10,7 °C, excepto en dos lugares en el Océano Pacífico Noroeste donde en el invierno la TSM es de: -0,8 °C y el rango de SSM es 27,8–39,0 ‰ (primavera-otoño) (Zonneveld *et al.*, 2013). *S. ramosus* se reportó en una secuencia Holocena costera muestreada en el Canal del Medio, estuario de Bahía

Blanca (Borel y Gómez, 2006).

Spiniferites sp. cf. *S. pachydermus* (Rossignol 1964) Reid 1974

(Lámina 3, Figuras I-L)

Descripción: quistes translúcidos con el cuerpo central esférico a subesférico con una protuberancia apical baja. La superficie de la pared es microgranulada. La pared es gruesa, formada por el perifragma y el endofragma. El perifragma es delgado, liso y cubre el endofragma, formando los procesos y los septos suturales. Los procesos son sólidos, delgados, largos, rígidos, gonales y trifurcados, están unidos por una membrana baja. Las terminaciones son bífidas. Presentan un arqueopilo precingular reducido (3”).

Principal material estudiado: LPUNS-TB 2c (W9/4), LPUNS-TB 9b (X43/2), LPUNS-TB 71a (P12/1), LPUNS-TB 221b (O28/2), LPUNS-TB 233b (M31/4), LPUNS-TB 339 (H7)

Dimensiones: diámetro del cuerpo del quiste: 33-53 x 26-48 μm ; longitud de los procesos: 5-11 μm (6 ejemplares medidos).

Ecología: es uno de los quistes del complejo de *Gonyaulax spinifera*. *S. pachydermus* es encontrado en ambientes costeros restringidos a completamente marinos, en climas templados a ecuatoriales con altas concentraciones de nitrato, con TSM de 0–29,0 °C y en el verano de 10,7 °C, excepto en dos lugares en el Océano Pacífico Noroeste donde el invierno la TSM es de -0,8 °C y con SSM entre 27,8–39,0 ‰ (primavera-otoño). Las altas abundancias ocurren estacionalmente en condiciones mesotróficas a eutróficas incluyendo áreas de surgencia, que pueden presentar gran variabilidad en el estado trófico de las aguas superficiales (Zonneveld *et al.*, 2013). *S. cf. pachydermus* se reportó en una secuencia Holocena costera muestreada en el Canal del Medio, estuario de Bahía Blanca (Borel y Gómez, 2006).

Orden *Peridinales* Haeckel, 1894

Suborden *Peridiniineae* (autonimia)

Familia *Peridiniaceae* Ehrenberg, 1831

Subfamilia *Calciodinelloideae* Fensome *et al.*, 1993

Género *Pentapharsodinium* Indelicato y Loeblich III, 1986

Especie tipo *Pentapharsodinium dalei* Indelicato y Loeblich III, 1986

Quiste de *Pentapharsodinium dalei* Indelicato y Loeblich III, 1986

(Lámina 2, Figuras I-L)

Descripción: quistes de color translúcido con el cuerpo central esférico. La superficie de la pared es lisa. Los procesos son delgados, flexibles, sólidos y distribuidos uniformemente en todo el quiste y no indican paratabulación. El diámetro es constante a lo largo del proceso. Las terminaciones de los procesos son variables; algunos son capitados, levemente ramificados o ampliados. La longitud de los procesos es constante dentro de cada espécimen.

Principal material estudiado: LPUNS-PD24 17c (T16/1), LPUNS-PD24 65a (N40/2)

Dimensiones: diámetro del cuerpo del quiste: 18-22 μm ; longitud de los procesos: 4-5 μm (2 ejemplares medidos).

Observaciones: en los especímenes estudiados no se observa el arqueopilo de tipo cásmico.

Ecología: el quiste de *P. dalei* es considerado una especie cosmopolita, característica de aguas costeras protegidas, con grandes variaciones en la temperatura y la salinidad (Marret y Zonneveld, 2003). En Argentina se reportó esta especie en los sedimentos obtenidos del fondo del Canal de Beagle y sedimentos marinos del Holoceno aflorantes sobre la costa norte del Canal (Candel y Borromei, 2013).

P. dalei es abundante en sedimentos de mar abierto y de áreas costeras, con TSM de -2,1–29,5 °C (primavera-verano) y SSM en el rango de 11,3 – 39,3 ‰ (anual), puede ser abundante en sitios con TSM menores a 0°C. *P. dalei* se encuentra en ambientes netamente marinos donde la salinidad del agua superficial es reducida a lo largo del año como resultado de deshielo o ingreso fluvial (Zonneveld *et al.*, 2013).

Familia *Protopteridiniaceae* Balech, 1988

Subfamilia *Protopteridinioideae* Balech, 1988

Género *Islandinium* Head *et al.*, 2001

Especie tipo *Islandinium minutum* Head *et al.*, 2001

Islandinium minutum Head *et al.*, 2001

(Lámina 4, Figuras A-F)

Descripción: quistes de color marrón oscuro con el cuerpo central subsférico arriñonado. La superficie de la pared es granulada. Los procesos son largos, rígidos y sólidos con la base proximal hueca, distribuidos densa y uniformemente, con una separación entre procesos de 1,5 μm aproximadamente. El diámetro del proceso disminuye desde la base hacia los extremos. Las terminaciones de los procesos son finamente acuminadas, nunca se ramifican ni se fusionan. La longitud de los procesos varía en pequeñas proporciones en cada espécimen. Las bases de los

procesos son circulares, con un diámetro que no supera 1 μm .

Principal material estudiado: LPUNS-TB 61a (L51 2/4, B55), LPUNS-PD24 239a (A16/4, U14/2)

Dimensiones: diámetro del cuerpo del quiste: 24-33 μm (largo) x 20-31 μm (ancho); longitud de los procesos: 5 a 8 μm (4 ejemplares medidos).

Observaciones: en uno de los especímenes revisados se observa la ausencia de dos placas lo que se podría contemplar como la presencia de un posible arqueopilo intercalar. Los procesos de los ejemplares registrados presentan una mayor longitud que el holotipo presentado para esta especie.

Ecología: es considerada una especie que ocupa ambientes oceánicos y estuáricos en las zonas polares a subpolares con TSM entre 0 a 24 °C y desde -1,8 a 13 °C en el verano e invierno, respectivamente. Las mayores abundancias se han encontrado en regiones recubiertas por hielo (Zonneveld *et al.*, 2013).

Islandinium? cezare, Head *et al.*, 2001

(Lámina 4, Figuras G-H)

Descripción: quiste de color marrón con el cuerpo central esférico a subsférico. La superficie de la pared es lisa a ornamentada. Los procesos son largos, rígidos, sólidos, rectos conservando el diámetro a lo largo del proceso, no ramificados ni bifurcados, con una separación entre procesos de 2 μm aproximadamente. Las terminaciones de los procesos son capitadas. La longitud de los procesos en el espécimen estudiado varía levemente. Las bases de los procesos son circulares.

Principal material estudiado: LPUNS-TB 149a (P18 4/2).

Dimensiones: diámetro del cuerpo del quiste: 28 x 25 μm ; longitud de los procesos: 4 a 6 μm (1 ejemplar medido).

Observaciones: en los procesos del espécimen revisado no se observan los huecos de las bases ni se evidencia el arqueopilo sapofílico definido en el holotipo de esta especie estudiado por de Vernal *et al.* (1989).

Ecología: ocupa ambientes neríticos a oceánicos en regiones templadas, con rangos de TSM entre -2 a 24 °C en el verano y -2 a 12 °C en el invierno y con rangos de SSM entre 15 a 35 ‰ (Radi *et al.*, 2013).

Género *Archaeperidinium* (Jørgensen, 1912) emend. Yamaguchi *et al.*, 2011

Especie tipo *Archaeperidinium minutum* Yamaguchi *et al.*, 2011

Quistes de *Archaeperidinium?* sp. A

(Lámina 4, Figuras I-L)

Descripción: quistes de color marrón claro con el cuerpo central subesférico, levemente arriñonado. La superficie de la pared es granulada. Los procesos son delgados, flexibles y sólidos con la base proximal hueca; distribuidos densa (con un número mayor a 20 procesos en un área de 10 x 10 μm) y uniformemente, con una separación entre procesos que varía entre 1,5 y 2 μm . El diámetro disminuye muy poco o se conserva constante a lo largo del proceso, desde la base hacia los extremos. Las terminaciones de los procesos son acuminadas o capitadas diminutamente, nunca se ramifican ni se fusionan. La longitud de los procesos es variable dentro de cada espécimen, en mayor proporción tienen longitudes cortas (3 a 5 μm). Los procesos de algunos sectores de los especímenes revisados presentan longitudes superiores a 5 μm . Las bases de los procesos son circulares, con un diámetro que no supera 1 μm .

Principal material estudiado: LPUNS-TB 149a (P24 1/3, U23 2/4, T11), LPUNS-TB 239a (X51), LPUNS-PD24 239a (L17).

Dimensiones: diámetro del cuerpo del quiste: 30-33 (largo) x 20-25 μm (ancho); longitud de los procesos: 3 a 8 μm (5 ejemplares medidos).

Observaciones: esta especie es asignada cuestionablemente a *Archaeperidinium* porque el arqueopilo no se observa en los especímenes encontrados. La única expresión de tabulación en los quistes de *Archaeperidinium minutum* es el arqueopilo intercalar de tipo 2a, como es descrito por Ribeiro *et al.* (2010) (como *Archaeperidinium minutum*) y por Mertens *et al.* (2012); quienes describen quistes similares con arqueopilo de tipo 2a. Además, los procesos de los quistes de *Archaeperidinium minutum* ilustrados por Mertens *et al.* (2012) parecen tener un diámetro mayor mientras en los especímenes estudiados parecen ser más delgados; presentan un diámetro casi constante desde la base hacia los extremos, dando una apariencia de un cabello largo y flexible.

Ecología: Balech (1964) describe las células móviles de esta especie como *Archaeperidinium minutum* para la plataforma Argentina en el sector de Mar del Plata y la región costera próxima (aproximadamente 38° S).

Quistes de *Archaeperidinium?* sp. B

(Lámina 4, Figuras M-P)

Descripción: quistes de color marrón con el cuerpo central subesferoidal levemente arriñonado. La superficie de la pared es granulada. Los procesos son delgados, flexibles y sólidos con la base proximal hueca; distribuidos densa (con un número mayor a 20 procesos en un área de 10 x 10 μm) y uniformemente, con una separación entre procesos que varía entre 1 y 1,5 μm . El diámetro disminuye levemente o se conserva constante a lo largo de todo el proceso, desde la base hacia el extremo. Las terminaciones de los procesos son acuminadas o capitadas diminutamente, no se ramifican ni se fusionan. La longitud de los procesos es variable dentro de cada espécimen algunos largos y otros cortos; en mayor proporción las longitudes varían entre 4 a 7 μm . Un mismo espécimen puede presentar algunos procesos que alcanzan los 12 μm de largo. Las bases de los procesos son circulares, con un diámetro que no supera 1 μm y una separación de 1 a 1,5 μm entre proceso y proceso.

Principal material estudiado: LPUNS-TB 149a (Z15 2/4), LPUNS-TB 99b (R45), LPUNS-TB 197a (C26/1), LPUNS-TB 251a (N25 2/4).

Dimensiones: diámetro del cuerpo del quiste: 30-32 μm (largo) x 20-28 μm (ancho); longitud de los procesos: 2 a 12 μm (8 ejemplares medidos).

Observaciones: esta especie es asignada cuestionablemente a *Archaeperidinium* sp. porque la naturaleza del arqueopilo es incierta ya que no se observa. La forma de los procesos de *Archaeperidinium?* sp. B es similar a la de los procesos ilustrados para los quistes de *Echinidinium?* sp. A en [Radi et al. \(2013\)](#), descritos como procesos largos, delgados y sólidos delicadamente apiculocavados. Los procesos de *Archaeperidinium?* sp. B, difieren en las terminaciones debido a que los quistes de *Echinidinium?* sp. B tiene algunas truncadas, ligeramente expandidas o capitadas.

Género *Echinidinium* ([Zonneveld, 1997](#)) [Head et al., 2001](#)

Especie tipo *Echinidinium granulatum* ([Zonneveld, 1997](#)) [Head et al., 2001](#)

Echinidinium sp. cf. *E. delicatum* ([Zonneveld, 1997](#)) [Head et al., 2003](#)

(Lámina 4, Figuras Q-T)

Descripción: quistes de color marrón con el cuerpo central esferoidal a subesferoidal. La pared es lisa, con espinas y/o procesos dispersos. Los procesos son no tabulares, rígidos, huecos,

cónicos; distribuidos regularmente y con una separación entre procesos que varía entre 1,5 y 3 μm . Las terminaciones de los procesos son curvas y acuminadas. La longitud de los procesos es constante en cada uno de los especímenes. Las bases de los procesos son circulares, presentan pequeñas variaciones en el tamaño entre 1,5 y 2,0 μm .

Principal material estudiado: LPUNS-TB 61a (E38/1), LPUNS-TB 167d (B20/2, U22/4), LPUNS-TB 271c (E38/1), LPUNS-TB 271c (E38/1), LPUNS-PD24 229b (J20/4).

Dimensiones: diámetro del cuerpo del quiste: 29-24 μm (largo) x 26-21 μm (ancho); longitud de los procesos: 4-6 μm (4 ejemplares medidos).

Observaciones: no se observan evidencias del arqueopilo tipo theropílico descrito para esta especie, el cual es definido por un corte a lo largo de una o dos suturas. Además, se observa que el cuerpo central y los procesos son de menor tamaño en comparación con las dimensiones del holotipo. En los especímenes estudiados se observan diferencias entre ellos: en el número de procesos, el diámetro de las bases y la distancia de separación entre los procesos.

Se diferencia de *Islandinium minutum* porque *E. delicatum* tiene procesos huecos e *I. minutum* tiene procesos sólidos. En cuanto a la superficie de la pared en *I. minutum* es granulada y tanto el cuerpo central como los procesos son de mayor tamaño. Se diferencia de *Echinidinium karaense* porque *E. delicatum* tiene menor número de procesos y no presenta ramificaciones en ninguno de sus procesos.

Ecología: descrito inicialmente en el mar Arábigo (Zonneveld, 1997), posteriormente *E. delicatum* se ha encontrado en ambientes costeros y estuáricos en el noreste del Pacífico. Adicionalmente se ha encontrado en bahías costeras no estratificadas y enriquecidas fuertemente de nutrientes en el sur de Corea del Sur (Pospelova y Kim, 2010).

Echinidinium sp. cf. *E. zonneveldiae* Head, 2002

Descripción: quiste con el cuerpo central sub-esferoidal color marrón medio y la superficie de la pared lisa. Los procesos se adelgazan hacia las puntas, son flexibles y sólidos. Las bases de los procesos son anchas de tamaño uniforme y las terminaciones son en punta, observándose variación del diámetro a lo largo del proceso. La separación entre procesos varía entre 1,5 μm y 3 μm .

Principal material estudiado: LPUNS-TB 61a (V41 3/1).

Dimensiones: diámetro del cuerpo del quiste: 33 μm ; longitud de los procesos: 6 a 7 μm (1 ejemplar medido).

Observaciones: en el espécimen revisado, no se observa el arqueopilo theropílico, que es descrito para esta especie formando una sutura recta y larga. El ejemplar analizado es similar al material ilustrado por [Head \(2002; plate 1, figs. 5-8\)](#). *Echinidinium delicatum*, se diferencia de *E. zonneveldiae* porque el cuerpo central es más pequeño y los procesos son huecos, más cortos y rígidos. *E. transparentum* también tiene los procesos sólidos pero generalmente más largos y con el cuerpo central más pequeño.

Ecología: se conoce poco sobre la ecología de esta especie descrita por [Head \(2002\)](#) para depósitos del Pleistoceno del Mar Báltico donde se encuentra en asociación con dinoflagelados termofílicos como *Tuberculodinium vancampoae* y *Tectatodinium pellitum* ([Head, 2002; Head et al., 2005; Head, 2007](#)). Sin embargo en las muestras de sedimentos actuales del Hemisferio Norte la ocurrencia de *E. zonneveldiae* en regiones polares con un porcentaje por encima del 3% sugiere una distribución no restringida a ambientes cálidos. Es agrupada con *E. transparentum* ([Bonnet et al., 2012](#)) ocurriendo en un rango amplio de condiciones ambientales desde la región ecuatorial hasta la región subpolar. Sin embargo, parece estar restringido a zonas neríticas donde en el verano la TSM está en un rango entre 7 a 30 °C y en invierno de 0 a 27 °C, la SSM en el verano varía entre 33 a 35 ‰ y la productividad primaria es de 110 a 600 g C m⁻² años⁻¹ ([Radi et al., 2013](#)).

Echinidinium sp. cf. *E. aculeatum* [Zonneveld, 1997](#)

Descripción: quiste con el cuerpo central esferoidal color marrón medio y la superficie de la pared levemente granulada. Los procesos son rígidos y huecos; algunos tienen un diámetro constante y otros se adelgazan levemente hacia las puntas. Las bases de los procesos son anchas de tamaño uniforme y las terminaciones tienen puntas aculeadas distalmente.

Principal material estudiado: LPUNS-KP60Bis 21a (F12 4).

Dimensiones: diámetro del cuerpo del quiste: 31 µm; longitud de los procesos: 6 a 8 µm (1 ejemplar medido).

Observaciones: el espécimen revisado no está bien conservado y no es posible identificar el arqueopilo cásmico descrito para esta especie por [Zonneveld \(1997\)](#). El ejemplar analizado cumple con los procesos típicos de la especie *Echinidinium aculeatum*, pero tiene mayor tamaño del cuerpo central al material ilustrado por [Zonneveld \(1997; fig. 5\)](#) y por [Radi et al. \(2013; lámina 2, figs. 9-11\)](#). *Echinidinium* sp. cf. *E. aculeatum*, se diferencia de *E. karaense* porque la

densidad de procesos y el número es menor, y la longitud de los procesos es mayor en relación con el tamaño del cuerpo central; los procesos son huecos y uniformes.

Ecología: se conoce poco sobre la ecología de esta especie. *Echinidinium aculeatum* fue descrita por [Zonneveld \(1997\)](#) en trampas de sedimentos obtenidos del Mar Árabe. Está reportado en muestras de sedimentos del Golfo de California asociados en aguas con condiciones altas de nutrientes ([Price et al., 2013](#)). En general es encontrado en regiones costeras de zonas templadas a ecuatoriales, con pequeñas variaciones en el rango de la salinidad estacional, en sistemas estuarinos y bahías eutróficas con aguas estratificadas. Es encontrado bajo parámetros ambientales de TSM con un rango de 8 a 30 °C y SSM que varía de 26,8 a 38,5 ‰ ([Zonneveld et al., 2013](#)). Adicionalmente [Radi et al. \(2013\)](#) reporta la presencia en áreas neríticas a oceánicas donde la TSM en el verano varía de 8 a 30 °C y en el invierno varía de -1,8 a 27 °C, la SSM varía entre 16 a 36 ‰ y la productividad primaria es de 100 a 600 g C m⁻² años⁻¹.

Género *Brigantedinium* ([Reid, 1977](#)) [Lentin y Williams, 1993](#)

Especie tipo *Brigantedinium simplex* ([Wall, 1965](#)) [Lentin y Williams, 1993](#)

Brigantedinium simplex ([Wall, 1965](#)) [Lentin y Williams, 1993](#)

(Lámina 5, Figura A)

Principal material estudiado: LPUNS-TB31d (O22/1), LPUNS-TB153a (Q39).

Dimensiones: cuerpo del quiste: 40-65 µm (largo) x 40-57 µm (ancho) (4 ejemplares medidos).

Observaciones: los especímenes estudiados tienen apariencia de forma ovoide. Las dimensiones son mayores en comparación con el holotipo definido por [Wall \(1965\)](#). Se observa la presencia del arqueopilo intercalar (2a) de forma hexagonal simétrico, sin embargo no están bien conservados y por tanto no es posible calcular las dimensiones del arqueopilo.

Ecología: es el quiste de *Protoperidinium conicoides* ([Paulsen](#)) [Balech](#). *B. simplex* está presente en regiones costeras, ambientes hipersalinos y salobres con TSM de -2-29,7 °C (invierno-verano) y SSM de 21-37 ‰. Fue descrito por [Candel y Borromei \(2013\)](#) en cuatro secciones marinas aflorantes sobre la costa norte del Canal Beagle, Tierra del Fuego.

Brigantedinium cariacense ([Wall, 1965](#)) [Lentin y Williams, 1993](#)

(Lámina 5, Figuras B-C)

Principal material estudiado: LPUNS-TB31d (X33/3).

Dimensiones: diámetro del cuerpo del quiste: 40 µm. Arqueopilo: 21µm (ancho inferior)-12 (ancho superior) x 9 µm (alto) (1 ejemplar medido).

Observaciones: las dimensiones son similares al holotipo definido por [Wall \(1965\)](#). Se observa la presencia del arqueopilo intercalar (2a) de forma hexagonal, con una amplitud que llega a ser el doble de la altura.

Ecología: es el quiste de *Protoperidinium avellana* ([Meunier](#)) [Balech](#). *B. cariacense* es encontrado en pozos de perforación del mar de las Hébridas ([Harland, 1977](#)). Fue descrito por [Candel y Borromei \(2013\)](#) en secciones marinas holocenas aflorantes sobre la costa norte del Canal Beagle, Tierra del Fuego. Es reportado en el listado de especies en zonas biogeográficas frías-templadas y cálidas- templadas ([Dale, 1983](#)).

Género *Selenopemphix* ([Benedek, 1972](#)) emend. [Head, 1993](#)

Especie tipo *Selenopemphix nephroides* ([Benedek, 1972](#)) emend. [Benedek y Sarjeant, 1981](#)

Selenopemphix quanta ([Bradford, 1975](#)) [Matsuoka, 1985](#)

(Lámina 5, Figuras E-H)

Descripción: quistes de color marrón con el cuerpo central subesférico, comprimidos apical-antapicalmente. La superficie de la pared es lisa. Los procesos son largos, rígidos, lisos, sólidos, están ubicados alrededor del cingulo, no del sulcus. El diámetro de los procesos disminuye a lo largo de la longitud. Las terminaciones de los procesos son en punta. Las bases de los procesos son amplias y circulares, con un diámetro de 5 µm aproximadamente. Algunos procesos se unen en las bases. El arqueopilo es intercalar (2a), elongado con ángulos redondeados.

Principal material estudiado: LPUNS-TB 61a (R27/1), LPUNS-TB 91a (W7/3), LPUNS-TB 121c (E44/2), LPUNS-TB 149a (L11 3/4), LPUNS-TB 271c (A36/4), LPUNS-TB 291b (G42/4), LPUNS-PD24 229b (X14/2).

Dimensiones: diámetro del cuerpo del quiste: 52-70 x 32-55 µm; longitud de los procesos: 10 a 14 µm (7 ejemplares medidos).

Observaciones: los especímenes estudiados son similares al ejemplar ilustrado por [Rochon et al. \(1999\)](#).

Ecología: han sido descritos en zonas costeras y en frentes de sistemas de regiones polares a ecuatoriales. Se registran con abundancia alta en regiones eutróficas con grandes concentraciones de clorofila, en aguas superficiales netamente marinas, o con salinidad reducida estacional o permanentemente. Esto incluye áreas de surgencia y frentes y regiones

con descargas fluviales estacionales o permanentes. Se registran con rangos de TSM de -2,1 - 29,8 °C (otoño-verano) y de SSM entre 16,8 – 39,2 ‰ (Zonneveld *et al.*, 2013). Fueron descritos por Candel y Borrromei, (2013) en cuatro secciones marinas fósiles aflorantes sobre la costa norte del Canal Beagle, Tierra del Fuego.

Selenopemphix sp.

(Lámina 5, Figuras I-L)

Descripción: quistes de color marrón con el cuerpo central esférico a levemente reniforme en vista polar, comprimidos apical-antapicalmente. La superficie de la pared es lisa. Los procesos son largos, lisos, sólidos, flexibles, están ubicados alrededor del cíngulo, no del sulcus. El diámetro de los procesos disminuye levemente a lo largo de la longitud. Las terminaciones de los procesos son en punta. La longitud de los procesos varía en pequeñas proporciones en cada espécimen. Las bases de los procesos son circulares y expandidas, con un diámetro de 4 µm y una separación entre 3 y 6 µm aproximadamente. Algunos procesos se unen en las bases. El arqueopilo es intercalar (2a), elongado con ángulos redondeados.

Principal material estudiado: LPUNS-KP60 2a (E8/2), LPUNS-KP60 10a (T6/2), LPUNS-KP60 15a (D19/3), LPUNS-KP60 17a (W10/4, D1/4, P1/3), LPUNS-KP60 25a (L17), LPUNS-KP60 29a (Q20/1), LPUNS-KP60 35a (Y35/1), LPUNS-PD24 239a (Z12/1), LPUNS-TB 271c (A36/4), LPUNS-TB 291b (G42/4).

Dimensiones: diámetro del cuerpo del quiste: 35-58 (largo) x 35-50 µm (ancho); longitud de los procesos: 6 a 15 µm (12 ejemplares medidos).

Observaciones: los especímenes estudiados se asignan a *Selenopemphix sp.* porque presentan diferencias en la forma y tamaño tanto de los procesos como del cuerpo central en comparación con *Selenopemphix quanta*.

Género *Lejeunecysta* (Artzner y Dörhöfer, 1978), emend Lentin y Williams, 1976

Especie tipo *Lejeunecysta hyalina* (Gerlach, 1961) Artzner y Dörhöfer, 1978

Lejeunecysta sp. A

(Lámina 5, Figuras M-P)

Descripción: quistes pentagonales marrones comprimidos dorsoventralmente con dos cuernos antapicales y un cuerno apical. Los cuernos antapicales son simétricos y están separados por una depresión moderada. La terminación de los cuernos es sólida y puntiaguda. El cuerno apical

es aplanado. La pared es delgada y la superficie de la pared es lisa. Los bordes del cingulo llevan bajas crestas engrosadas. Se puede observar el arqueopilo intercalar (2a), de forma hexagonal asimétrica y más ancho que alto.

Principal material estudiado: LPUNS-PD24 149b (G11/1), LPUNS-PD24 159b (C9), LPUNS-PD24 169b (A1/4), LPUNS-PD24 189b (J11/3), LPUNS-PD24 179b (B11, U21/3), LPUNS-PD24 229b (Z15/2).

Dimensiones: cuerpo del quiste: 33-73 μm (largo) x 30–60 μm (ancho), terminación cuernos antapicales 4 μm , arqueopilo 8-15 μm (longitud) x 16-14 μm (ancho) (16 ejemplares medidos).

Observaciones: es similar a *Lejeunecysta mariae*, pero en muchos especímenes no se pudo observar claramente el arqueopilo. Se diferencia de *Lejeunecysta oliva* por la forma del arqueopilo fundamentalmente y porque las dimensiones son menores tanto en largo como en ancho. La longitud del cuerpo del quiste de *L. oliva* para el holotipo es 82 μm de largo y 80 μm de ancho.

Lejeunecysta sp. B

(Lámina 5, Figuras Q-T)

Descripción: quistes pentagonales marrones comprimidos dorsoventralmente, con apófisis laterales pronunciadas, un cingulo ancho, un par de cuernos antapicales y un cuerno apical. Los cuernos antapicales son amplios y están separados por una depresión antapical poco profunda. La terminación de los cuernos antapicales es sólida y puntiaguda. El cuerno apical tiene una terminación aplanada. La superficie de la pared es lisa y delgada. Se puede observar el arqueopilo intercalar (2a), con una forma hexagonal redondeada.

Principal material estudiado: LPUNS-PD24 3a (U43, T43/4), LPUNS-PD24 7a (P11/4), LPUNS-PD24 27a (V21), LPUNS-PD24 87a (H45/4), LPUNS-PD24 189b (J11/3).

Dimensiones: cuerpo del quiste: 37-60 μm (largo) x 28-58 μm (ancho). Cuernos antapicales 4 μm , arqueopilo 12-17 μm (longitud) x 23-17 μm (ancho) (7 ejemplares medidos).

Observaciones: esta especie difiere de *L. oliva* porque la depresión antapical es menos pronunciada, las dimensiones de largo y ancho son menores y el cingulo es más ancho y elevado formando una cresta similar a un engrosamiento de la pared. Se diferencia de *Quinquecuspis concreta* (Reid) Harland, porque las terminaciones de los cuernos antapicales son redondeados y se engrosan irregularmente. Las dimensiones son menores tanto en largo como en ancho. Las dimensiones del cuerpo del quiste varían entre 60-80 μm (largo) y entre 63-82 μm (ancho).

Género *Stelladinium*

Especie tipo *Stelladinium reidii* Wall y Dale, 1968

Stelladinium stellatum (Wall, 1967) Reid, 1977

(Lámina 6, Figuras A-D)

Descripción: quistes marrones con el cuerpo central en forma de estrella, aplanado dorso ventralmente. Tiene un cuerno apical, dos cuernos antapicales y dos cuernos laterales. Las terminaciones de los cuernos son sólidas y aciculares.

Principal material estudiado: LPUNS-PD24 3a (J45/3, M45, M45/4), LPUNS-PD24 49a (Y10/4), LPUNS-PD24 57b (Y40/4), LPUNS-PD24 67a (Z23/3), LPUNS-PD24 87a (L46/1, F45/2), LPUNS-PD24 139a (G6/2), LPUNS-PD24 159b (M8).

Dimensiones: cuerpo del quiste: 21-31 μm (largo) x 14-28 μm (ancho); longitud de los cuernos: 2-17 μm (10 ejemplares medidos).

Observaciones: en los especímenes estudiados no se puede observar el arqueopilo, formado por una apertura a lo largo de los márgenes de las placas intercalares 1a y 2a, con las dos placas permaneciendo adheridas al quiste a lo largo de sus márgenes laterales, a pesar de que están bien conservados. Se observa variación del largo de los cuernos dentro de cada espécimen y entre los diferentes especímenes.

Ecología: es el quiste de *Protoperidinium compressum* (Abè) Balech. En Argentina *S. stellatum* fue observado en muestras de plancton de la plataforma argentina: en los sectores del Golfo San Jorge, el Puerto de Mar del Plata y en la ría de Puerto Deseado (Akselman, 1987). *S. stellatum* se encontró con bajas concentraciones en muestras de sedimentos colectadas en áreas costeras superficiales de Vietnam (Kawamura, 2002). *S. stellatum* ha sido observado en sedimentos depositados desde el último máximo glacial al Holoceno en el Mar de Mármara, conexión entre el Mar Mediterráneo y el Mar Negro (Londeix *et al.*, 2009).

Es restringido a sitios costeros de regiones templadas/ subtropicales a ecuatoriales. Abundancias relativas altas ocurren en sitios netamente marinos donde estacionalmente ocurren condiciones mesotróficas a eutróficas, como en áreas de surgencia, en condiciones de TSM: 8,1–29,8 °C (invierno–primavera) y SSM: 17,8–38,9 ‰ (invierno–verano). La abundancia relativa puede ser alta en regiones con hipersalinidad y en áreas donde la salinidad es reducida (Zonneveld *et al.*, 2013).

Género *Votadinium* Reid, 1977

Especie tipo *Votadinium calvum* Reid, 1977

Votadinium calvum Reid, 1977

(Lámina 6, Figuras E-H)

Descripción: quistes de color marrón con el cuerpo central comprimido dorso-ventralmente, con un contorno fuertemente redondeado. La superficie de la pared es lisa. El cuerno apical está representado por una ligera protuberancia y un extenso arqueopilo intercalar 2a que ocupa gran parte del ápice. Los cuernos antapicales están desarrollados equitativamente, son sólidos, puntiagudos y están separados por una leve depresión antapical.

Principal material estudiado: PD24 3a (M45/4, M46).

Dimensiones: diámetro del cuerpo del quiste: 45-58 x 48-60 μm (2 ejemplares medidos).

Observaciones: los especímenes estudiados presentan mayor desarrollo de los cuernos antapicales y menor tamaño del cuerpo central en comparación al material descrito por Rochon *et al.* (1999).

Ecología: ha sido descrito en sedimentos costeros y en frentes de sistemas de regiones templadas a ecuatoriales. Se encuentra en ambientes hipersalinos a hiposalinos. Abundancias relativas altas ocurren en regiones eutróficas y en zonas de surgencia, donde las aguas de fondo pueden ser desde anóxicas a bien ventiladas; con TSM de -2,0 -29,7 °C (invierno-verano) y SSM de 16,8 – 38,4 ‰ (Zonneveld *et al.*, 2013).

Votadinium spinosum Reid, 1977

(Lámina 6, Figuras I-L)

Descripción: quistes pentagonales marrones comprimidos dorso-ventralmente con dos cuernos antapicales y un cuerno apical. La pared es delgada y la superficie de la pared tiene espinas, distribuidas aleatoriamente. Los cuernos antapicales son simétricos y están separados por una depresión profunda. Las espinas tienen forma cónica, con la base ancha. Los cuernos antapicales y apical son aplanados.

Principal material estudiado: LPUNS-KP60-15a (W16/1).

Observaciones: se identifica la posible presencia del arqueopilo intercalar (2a).

Dimensiones: cuerpo del quiste: 39 μm (largo) x 37 μm (ancho), espinas entre 1,5 y 2 μm (1 ejemplar medido).

Ecología: es el quiste de *Protoperidinium claudicans* (Paulsen) Balech. *Votadinium spinosum*,

está restringido a los ambientes costeros de regiones templadas y tropicales donde las condiciones marinas prevalecen. Es abundante en ambientes mesotróficos a eutróficos con altas abundancias relativas en ambientes eutróficos, con TSM de 0,7–29 °C (invierno-verano) y TSM > 9,0 °C en el verano y con SSM en el rango 25,5–37,7 ‰ (verano-otoño) (Zonneveld *et al.*, 2013). En Argentina *Votadinium spinosum* fue observado por Candel y Borromei (2013) en muestras de las secciones marinas fósiles aflorantes sobre la costa norte del Canal Beagle, Tierra del Fuego.

Subfamilia *Diplopsalioideae* Abé 1981

Género *Dubridinium* Reid, 1977

Especie tipo *Dubridinium cavatum* Reid, 1977

Dubridinium sp. cf. *D. caperatum* Reid, 1977

(Lámina 6, Figuras M-P)

Descripción: quistes cavados marrones con el cuerpo central esférico. La superficie de la pared es microgranulada y escabrada. El perifragma es delgado y estrechamente unido al endofragma. El epittracto y el hipottracto son de igual tamaño. El arqueopilo es epittractal. El epittracto permanece unido ventralmente y en vista lateral se extiende abierto lateralmente.

Principal material estudiado: LPUNS-PD24 159b (X8/4).

Dimensiones: cuerpo del quiste: 49 (largo) x 42 (ancho) µm (2 ejemplares medidos).

Ecología: es el quiste de *Peridinium meunieri* (Pavillard) Elbrächter. *Dubridinium* sp. es encontrado en ambientes netamente marinos, con aguas no estratificadas donde la concentración de los nutrientes puede cambiar estacionalmente por surgencia o polución. Se ha encontrado en regiones de surgencia de costas templadas a ecuatoriales en el noroeste de África y Suramérica, donde hay aguas mezcladas del Mar de Irlanda y del este del Mar de China. En condiciones de TSM: 6,3–29,7 °C (anual) y SSM: 26,8–38,1 ‰ (verano–otoño). El rango de salinidad es pequeño y no ha sido observado en zonas aledañas a plumas fluviales. Está exclusivamente donde las aguas de fondo son hipóxicas o bien ventiladas (Zonneveld *et al.*, 2013).

Subclase *Gymnodiniphycidae* Fensome *et al.*, 1993

Orden *Gymnodiniales* Apstein, 1909

Suborden *Gymnodiineae* (autonimia)

Familia *Polykrikaceae* Kofoid y Swezy, 1921

Género *Polykrikos* Bütschli, 1873

Especie tipo *Polykrikos schwartzii* Bütschli, 1873

Quiste de *Polykrikos* sp. cf. *schwartzii* (Bütschli, 1873) sensu Matsuoka *et al.*, 2009

(Lámina 6, Figuras Q-T)

Descripción: quistes marrones con el cuerpo central alargado. El perifragma es fibroso y desarrolla crestas con un retículo variable e irregular complejo. Los procesos son huecos, flexibles y cortos; la separación entre procesos varía en todo el cuerpo central. La terminación de los procesos es abierta y recurvada. Se puede observar el arqueopilo de forma aproximadamente poligonal en uno de los polos (*tremic*).

Principal material estudiado: LPUNS-PD24 17c (M13), LPUNS-KP60 4a (T7/3), LPUNS-KP60 8a (U38/3), LPUNS-KP60 46a (S12/3).

Dimensiones: cuerpo del quiste: 33-36 x 40-56 μm ; longitud de los procesos: 6 a 10 μm (4 ejemplares medidos).

Ecología: los experimentos de germinación mostraron que los criterios que se usaban habitualmente para distinguir los quistes de *P. schwartzii* de los quistes de *P. kofoidii* no eran correctos y se propusieron nuevos criterios para diferenciar los quistes de ambas especies (Matsuoka *et al.*, 2009). Es observado en las regiones ecuatoriales y subtropicales del Atlántico Norte, Mar Mediterráneo y Mar Negro, así como en aguas templadas del Atlántico Sur y en el Océano Pacífico ecuatorial a sub-polar, con TSM de $-1,6 - 29,4$ °C (invierno-verano) y SSM de $16,7 - 38,7$ ‰ (anual). La mayoría de los registros están en ambientes netamente marinos, sin embargo el quiste de *P. schwartzii* fue encontrado en áreas con salinidad reducida durante el verano (Zonneveld *et al.*, 2013). *P. schwartzii* es abundante en ambientes eutróficos y ocasionalmente es registrado en ambientes oligotróficos. En Argentina fue observado en muestras de plancton en la plataforma Argentina en el Puerto de Mar del Plata.

Tabla 11. Especies biológicas correspondientes y distribución en sedimentos actuales de los dinoquistes fósiles registrados en los testigos analizados.

Orden	Especie Paleontológica	Especie Biológica	Ambientes
Goniatulacales	<i>Operculodinium centrocarpum</i>	<i>Protoceratium reticulatum</i>	<p>Cosmopolita con tendencia a incrementarse en offshore y hacia los trópicos⁷. En ambientes costeros (límite costero/oceánico)⁵, estuarinos, marinos poco profundos²⁶. Aguas ricas en nutrientes²⁵. Clima ártico a tropical¹⁰. Tolerante a amplios rangos de temperatura y salinidad²⁴.</p> <p>Ampliamente representado en los sedimentos de la plataforma argentina desde la costa hasta la isobata de 200 m¹.</p> <p>Marismas costeras del estuario medio de Bahía Blanca y planicies/marismas de canales de marea del estuario medio de Bahía Blanca (esta Tesis). Sedimentos de baja salinidad, frente salino y plataforma media de El Rincón³ (y en esta Tesis).</p>
Siles	<i>Lingulodinium machaerophorum</i>	<i>Lingulodinium polyedrum</i>	<p>Cosmopolita en estuarios, con una amplia tolerancia de temperatura y profundidad⁷. Encontrado en ambientes marinos¹⁶, costeros, zonas de surgencia, cálidas templadas y subtropicales^{21,15}. Condiciones de salinidad altas¹⁷ y productividad alta^{29,28}, elevadas concentraciones de nutrientes⁵. Condiciones eutróficas en estuarios, con agua estratificada y amplia descarga fluvial^{24,23}. Indicador de disminución de una transgresión y menor influencia de las mareas²¹.</p> <p>En EPEA (Mar Argentino).</p>

<i>Melitasphaeridium choanophorum</i>	No se conoce	<p>Ambientes restringidos, con aguas superficiales cálidas^{30,29}. Termofílico¹³. Descrito inicialmente para el Plioceno. En Argentina fue descrito para el Mioceno tardío. Considerado endémica actualmente en las cuencas cerradas en el golfo de México¹⁸.</p> <p>Marismas costeras del estuario medio y planicies/marismas de canal de marea del estuario medio (esta Tesis).</p>
<i>Spiniferites bulloideus</i>	<i>Gonyaulax scrippsae</i>	<p>Cosmopolita⁷, estuarios no estratificados²⁷, ambientes nerítico⁶ y oceánico^{22,21}. Abundantes en profundidades entre los 0-500 m, en climas fríos-templados a tropicales^{6, 15}.</p> <p>Sedimentos modernos de El Rincón. Encontrado en marismas costeras del estuario medio y en las planicies/ marismas del área media del estuario de Bahía Blanca (Canal Tres Brazas). Zona de baja salinidad, frente salino y plataforma media de El Rincón³ (y en esta Tesis).</p>
<i>Spiniferites mirabilis</i>	Complejo de <i>Gonyaulax spinifera</i>	<p>Ambiente nerítico interno a oceánico¹⁰, ambiente costero y zonas de surgencia⁵. Abundante en profundidades mayores a los 3600 m⁶. En áreas con salinidad reducida estacionalmente, con alta productividad y/o bajo la influencia de <i>input</i> fluvial. Regiones con ambientes oligotróficos a eutróficos²⁹. Encontrado en aguas cálidas templadas¹² y en aguas frías templadas^{6, 15}.</p> <p>Sedimentos modernos de El Rincón y del Golfo San Jorge. Marismas costeras del estuario medio y en planicies/marismas de canales de marea del estuario medio de Bahía Blanca (esta Tesis).</p>

<i>Spiniferites pachydermus</i>	Complejo de <i>Gonyaulax spinifera</i>	<p>Ambientes costeros; estuarios no estratificados con altas concentraciones de nitrato y aguas de fondo bien ventiladas. Condiciones mesotróficas a eutróficas en áreas de surgencia, que presentan gran variación interanual en los estados tróficos de aguas superiores²⁹. Regiones tropicales y subtropicales, con disponibilidad de nutrientes²⁴.</p> <p>Sedimentos modernos de El Rincón. Marismas costeras del estuario medio y en planicies/marismas de canales de marea del estuario medio (esta Tesis).</p>
<i>Spiniferites bentorii</i>	<i>Gonyaulax digitalis</i>	<p>Ambientes restringidos; estuarios no estratificados. Regiones costeras templadas a ecuatoriales. Regiones oligotróficas, mesotróficas a eutróficas en áreas de surgencia, donde hay gran variación interanual en el estado trófico de aguas superficiales²⁹. Son indicadores de transgresión en un ambiente litoral, en climas templados; se adapta a salinidades bajas²¹.</p> <p>Sedimentos modernos de El Rincón. Marismas costeras del estuario medio y en planicie/marisma de canal de marea del estuario medio (esta Tesis).</p>
<i>Spiniferites ramosus</i>	Complejo de <i>Gonyaulax spinifera</i>	<p>Cosmopolita²⁴, ambientes nerítico¹⁰, estuarino²⁷, zonas de surgencia y descargas de ríos. Profundidades menores a los 60 m⁶. Climas árticos a tropical¹⁰. Condiciones de salinidad reducida de aguas superficiales, permanente o estacionalmente, por la descarga fluvial o derretimiento de hielo. Regiones oligotróficas, con condiciones mesotróficas a eutróficas en áreas de surgencia²⁹.</p> <p>Sedimentos modernos de El Rincón y en el Golfo San Jorge. Marisma costera del estuario medio y planicies/marismas de canal de marea del estuario medio (esta Tesis).</p>

P e r i d i n i a l e s	<i>Pentapharsodinium dalei</i>	<i>P. dalei</i>	<p>Cosmopolita, ambiente nerítico o netamente marino. En aguas costeras protegidas con variaciones en temperatura y salinidad por deshielo o ingreso fluvial¹⁹. En regiones polares a tropicales²¹. En condiciones anóxicas e hipóxicas²⁰.</p> <p>Planicies/marismas de canales de marea del estuario medio (esta Tesis).</p>
	<i>Islandinium minutum</i>	<i>Protoperidinium</i> sp.	<p>Ambientes anóxicos. Ambientes oceánicos y estuarinos en zonas polares a templadas²⁹.</p> <p>Marisma costera del estuario medio y Planicie/marisma de canal de marea del estuario medio (esta Tesis).</p>
	<i>Echinidinium delicatum</i>		<p>Ambientes costeros; estuarinos³⁰ y no estratificados enriquecidos con nutrientes^{24,23}.</p> <p>Marisma costera del estuario medio y Planicie/marisma de canal de marea del estuario medio (esta Tesis).</p>
	<i>Echinidinium aculeatum</i>		<p>Ambientes enriquecidos con nutrientes, cerca de frentes de zonas de surgencia²¹.</p>
	<i>Brigantedinium simplex</i>	<i>Protoperidium</i> <i>conicoides</i>	<p>Ambientes costeros y marinos; nerítico interno y generalmente en climas templados⁷. Es poco abundante en profundidades mayores de 3000 m. Asociado con bajas salinidades. En las zonas biogeográficas árticos y fríos⁶. Altos niveles de nutrientes, en o cerca a zonas de surgencia²¹.</p>

		Marismas costeras del estuario medio y Planicie/marisma de canal de marea del estuario medio (esta Tesis). Sedimentos modernos de El Rincón.
<i>Brigantedinium cariacense</i>	<i>Protoperidium avellanum</i>	<p>Ambiente nerítico interno¹⁰, oceánicos y nerítico externo en bajas abundancias relativas. Es abundante en profundidades menores los 3000 m. En las zonas biogeográficas frías-templadas y cálidas-templadas⁶. Altos niveles de nutrientes, en o cerca a zonas de surgencia, en áreas afectadas por eutrofización, con aguas bien mezcladas²¹.</p> <p>Marismas costeras del estuario medio y planicies/marismas de canales de marea del estuario medio (esta Tesis). Sedimentos modernos de El Rincón.</p>
<i>Selenopemphix quanta</i>	<i>Protoperidium conicum</i>	<p>Cosmopolita y en ambientes neríticos interno y externo¹⁰ con amplia tolerancia de temperatura⁷. En zonas de pocas profundidades, menos de 40 m⁶. Ambientes oligotróficas, áreas mesotróficas a eutróficas. Áreas de surgencia, descarga fluvial y regiones frontales, gran variación interanual en el estado trófico de aguas superficiales y aguas de fondo ventiladas. Regiones polares a ecuatoriales, en zonas costeras u <i>offshore</i> con aguas superficiales de salinidad marina normal o con salinidad reducida permanente o estacionalmente²⁹.</p> <p>Sedimentos modernos de El Rincón.</p>
<i>Lejeunecysta</i> spp.	<i>Protoperidinium leonis</i>	Regiones costeras templadas a subtropicales influenciadas por ingreso de nutrientes provenientes de descargas fluviales y/o surgencia ^{30,29} .

	<i>Stelladinium stellatum</i>	<i>Protoperidinium compressum</i>	Regiones costeras templadas/subtropicales a ecuatoriales. Las mayores abundancias relativas se registran en regiones hipersalinas ^{30,29} . Planicie/marisma de canal de marea del estuario medio (esta Tesis). Zona de baja salinidad, frente salino y plataforma media de El Rincón ³
	<i>Votadinium calvum</i>	<i>Protoperidinium oblongum</i>	Regiones costeras templadas, ambientes hipersalinos e hiposalinos, observada en ambientes eutróficos ²⁹ . Planicie/marisma de canal de marea del estuario medio (esta Tesis).
	<i>Votadinium spinosum</i>	<i>Protoperidinium claudicans</i>	Regiones costeras templadas, ambientes netamente marinos ²⁹ . Planicie/marisma de canal de marea del estuario medio (esta Tesis).
	<i>Dubridinium</i> sp.	<i>Peridinium meunieri</i>	Altos niveles de nutrientes, en o cerca a zonas de surgencia, áreas afectadas por eutrofización, regiones de aguas bien mezcladas ²⁴ . Sedimentos modernos de El Rincón y del Golfo San Jorge.
G y m n .	<i>Polykrikos schwartzii</i>	<i>P. schwartzii</i>	Ambientes netamente marinos; ocasionalmente en áreas con salinidad reducida. En regiones ecuatoriales y subtropicales ²⁹ Zona de baja salinidad, frente salino y plataforma media de El Rincón ³

Gymn.: Orden Gymnodiniales.

1. Akselman *et al.*, 2015
2. Blackburn *et al.*, 1989
3. Borel *et al.*, en preparación
4. Dale y Fjellisa, 1994 en Dale *et al.*, 2002.
5. Dale *et al.*, 2002.
6. Edwards y Andrie, 1992
7. Ellegaard *et al.*, 2002
8. Gu *et al.*, 2013
9. Harland, 1981
10. Harland, 1983
11. Head *et al.*, 1989
12. Head, 1996
13. Head, 1997
14. Joyce *et al.*, 2005
15. Kawamura, 2002
16. Kokinos y Anderson, 1995
17. Lewis y Hallett, 1997
18. Limoges *et al.*, 2013
19. Marret *et al.*, 2003
20. MARUM
21. Morzadec-Kerfourn, 1992
22. Mudie y Harland, 1996
23. Pospelova y Kim, 2010.
24. Price, *et al.*, 2013
25. Radi *et al.*, 2007.
26. Wall *et al.*, 1973
27. Wall *et al.*, 1977
28. Yu y Berglund, 2007
29. Zonneveld *et al.*, 2013.
30. Zonneveld, 1997

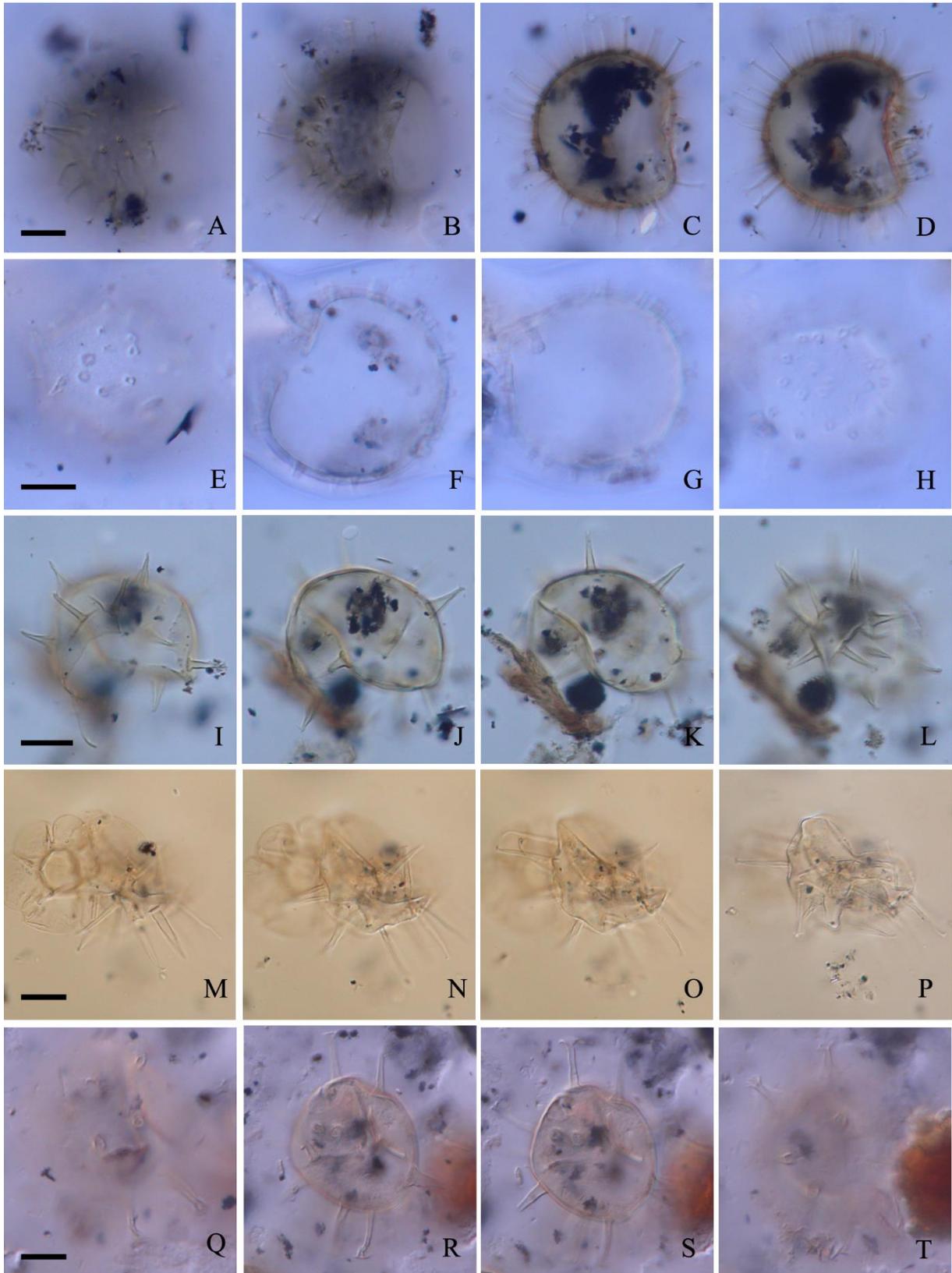


Lámina 1.

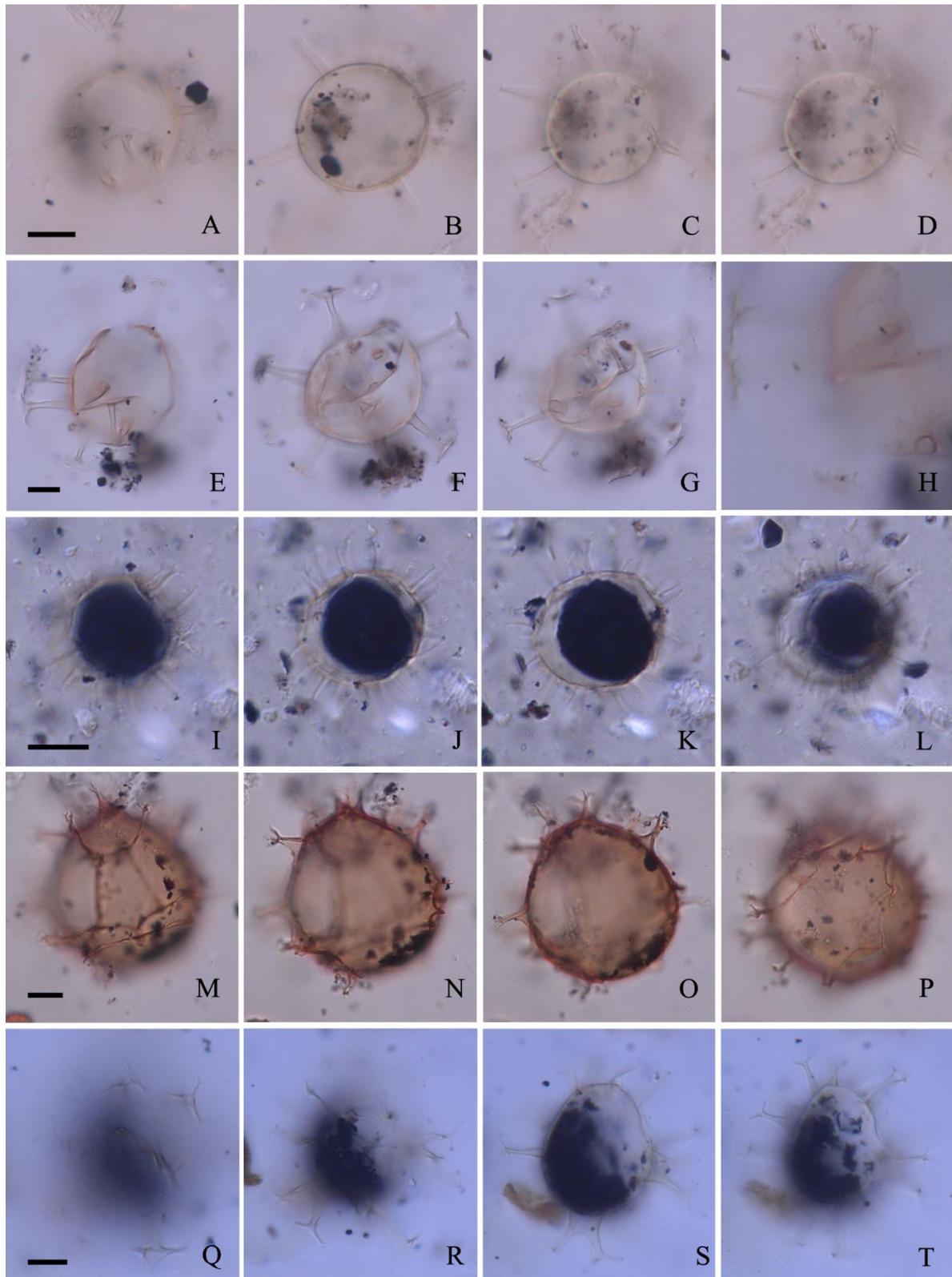


Lámina 2.

Lámina 1. Quistes de dinoflagelados fototróficos identificados en los tres testigos de sedimentos estudiados (CTB, KP60BIS y PD24). Los especímenes se identifican mediante el número de muestra y referencias *England Finder*. Escala= 10 µm. A-D, *Operculodinium centrocarpum* (Deflandre y Cookson) *sensu* Wall, PD24-149a: M11/2 mostrando sucesivamente focos más altos desde la superficie inferior hacia la superficie superior; B, muestra el arqueopilo precingular (3"). E-H, *Operculodinium centrocarpum* (Deflandre y Cookson) *sensu* Wall de procesos cortos, PD24-149a: L10/2; E, foco bajo, F-G, foco intermedio, H, foco alto; I-L, *Lingulodinium* sp. cf. *L. machaerophorum* (Deflandre y Cookson) Wall, PD24-109a: P23/1, I, foco bajo, detalle de la base y de la terminación de los procesos, J-K, foco intermedio, L, foco alto; M-P, *Lingulodinium* sp. cf. *L. machaerophorum* (Deflandre y Cookson) Wall, PD24-239a: Z13, diferentes focos mostrando el detalle de los procesos; Q-T, *Melitasphaeridium choanophorum* (Deflandre y Cookson) Harland y Hill, PD24-101b: Y13/1, Q, foco bajo, R-S, foco intermedio, detalle de los procesos, T, foco alto, detalle de la terminación de los procesos.

Lámina 2. Quistes de dinoflagelados fototróficos identificados en los tres testigos de sedimentos estudiados (CTB, KP60BIS y PD24). Los especímenes se identifican mediante el número de muestra y referencias *England Finder*. Escala= 10 µm. A-D, *Melitasphaeridium choanophorum* (Deflandre y Cookson) Harland y Hill de procesos con terminaciones reducidas, PD24-7a: S9/4; A, detalle del arqueopilo precingular, B-D, foco intermedio, detalle de la forma de los procesos; E-H, *Melitasphaeridium choanophorum* (Deflandre y Cookson) Harland y Hill, de procesos con terminaciones amplias, KP60-46a: E14/1, E-G, foco intermedio, H, detalle de las plataformas terminales de los procesos; I-L, Quiste de *Pentapharsodinium dalei* Indelicato y Loeblich III, PD24-159b: E11/1, foco intermedio, detalles de los procesos; M-P, *Spiniferites bentorii* (Rossignol) Wall y Dale, PD24-229b: F16/4, M, foco bajo, detalle del arqueopilo precingular (3), N-O, foco intermedio, detalle de la terminación de los procesos, P, foco alto; Q-T, *Spiniferites bulloideus* (Deflandre y Cookson) Sarjeant, PD24-149a: L11, Q, foco bajo, detalle de la terminación de los procesos, R, foco intermedio, S, foco intermedio, detalle de los procesos antapicales bien desarrollados, T, foco alto, detalle de las terminaciones de los procesos.

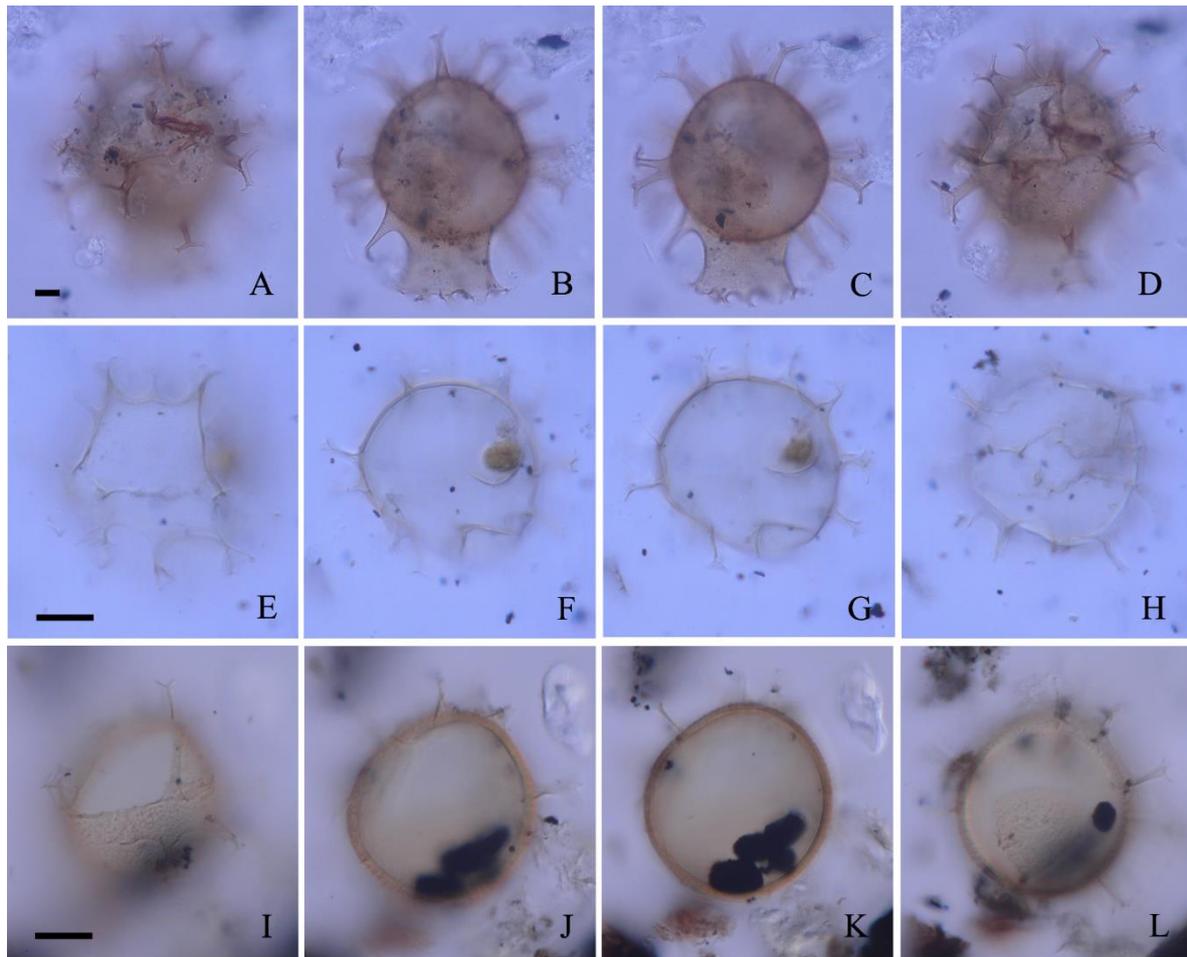


Lámina 3. Quistes de dinoflagelados fototróficos identificados en los tres testigos de sedimentos estudiados (CTB, KP60BIS y PD24). Los especímenes se identifican mediante el número de muestra y referencias *England Finder*. Escala= 10 μ m. A-D, *Spiniferites mirabilis* (Rossignol) Sarjeant, PD24-67a: Z25/1, A, foco bajo, B-C, foco intermedio, detalle de los procesos antapicales, D, foco alto, detalle de la terminación de los procesos; E-H, *Spiniferites ramosus* (Ehrenberg) Mantell, PD24-149a: D12/4, E, foco bajo, F-G, foco intermedio, H, foco alto; I-L, *Spiniferites* sp. cf. *S. pachydermus* (Rossignol) Reid, KP60-44a: U6/1, I, detalle del arqueopilo, J-K, foco intermedio, detalle de espesor de la pared, L, foco alto, detalle del tipo de pared.

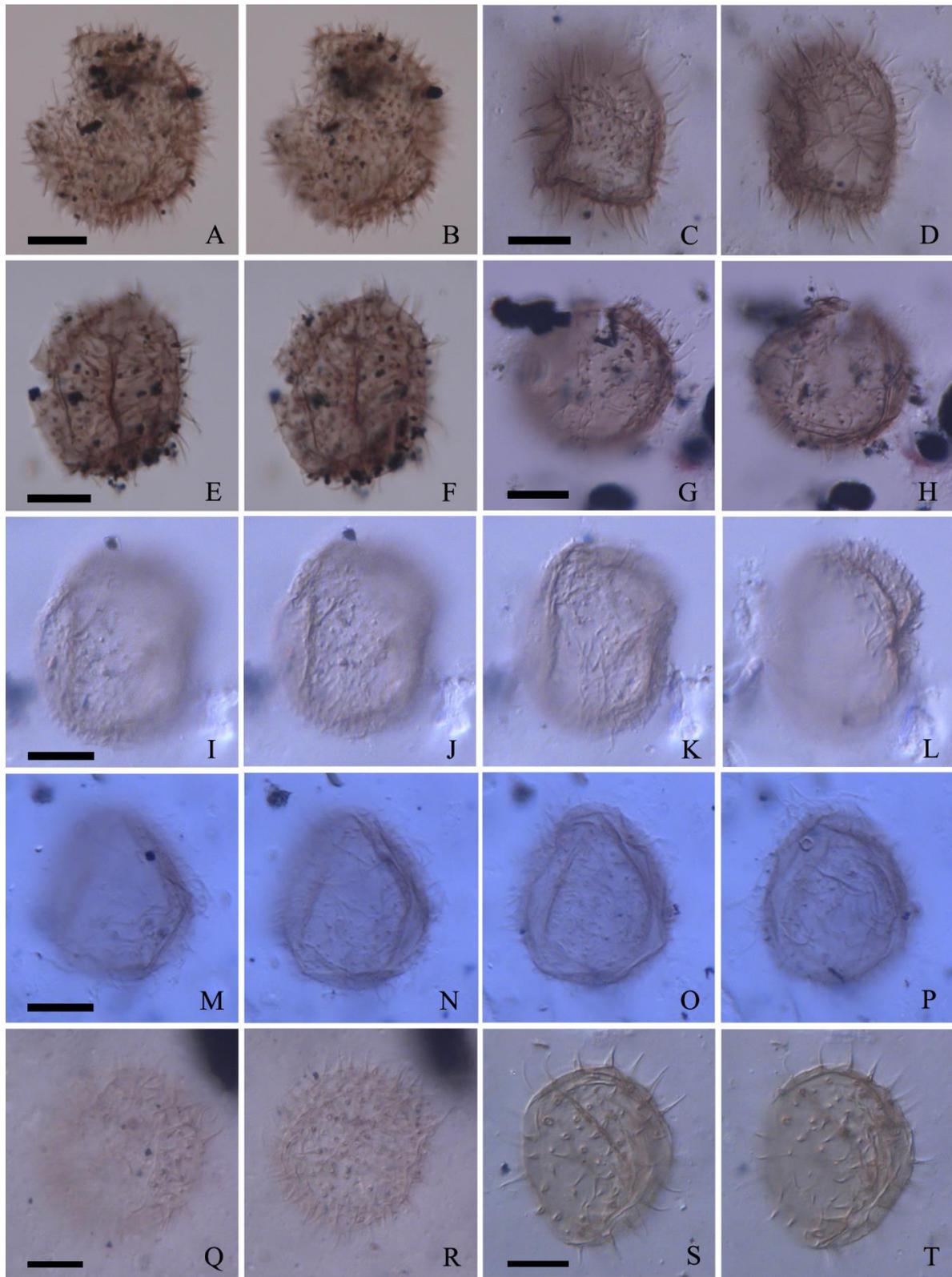


Lámina 4.

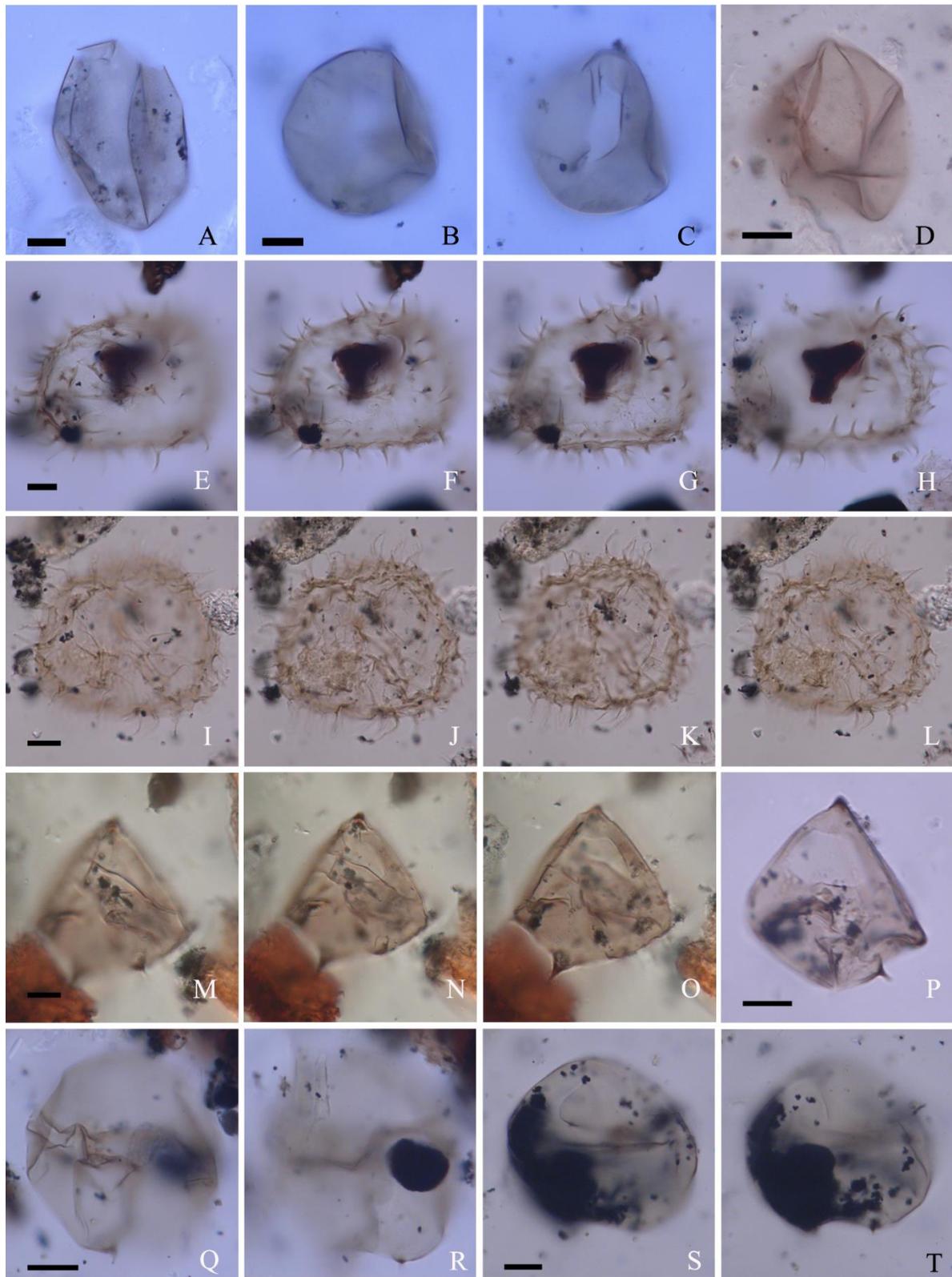


Lámina 5.

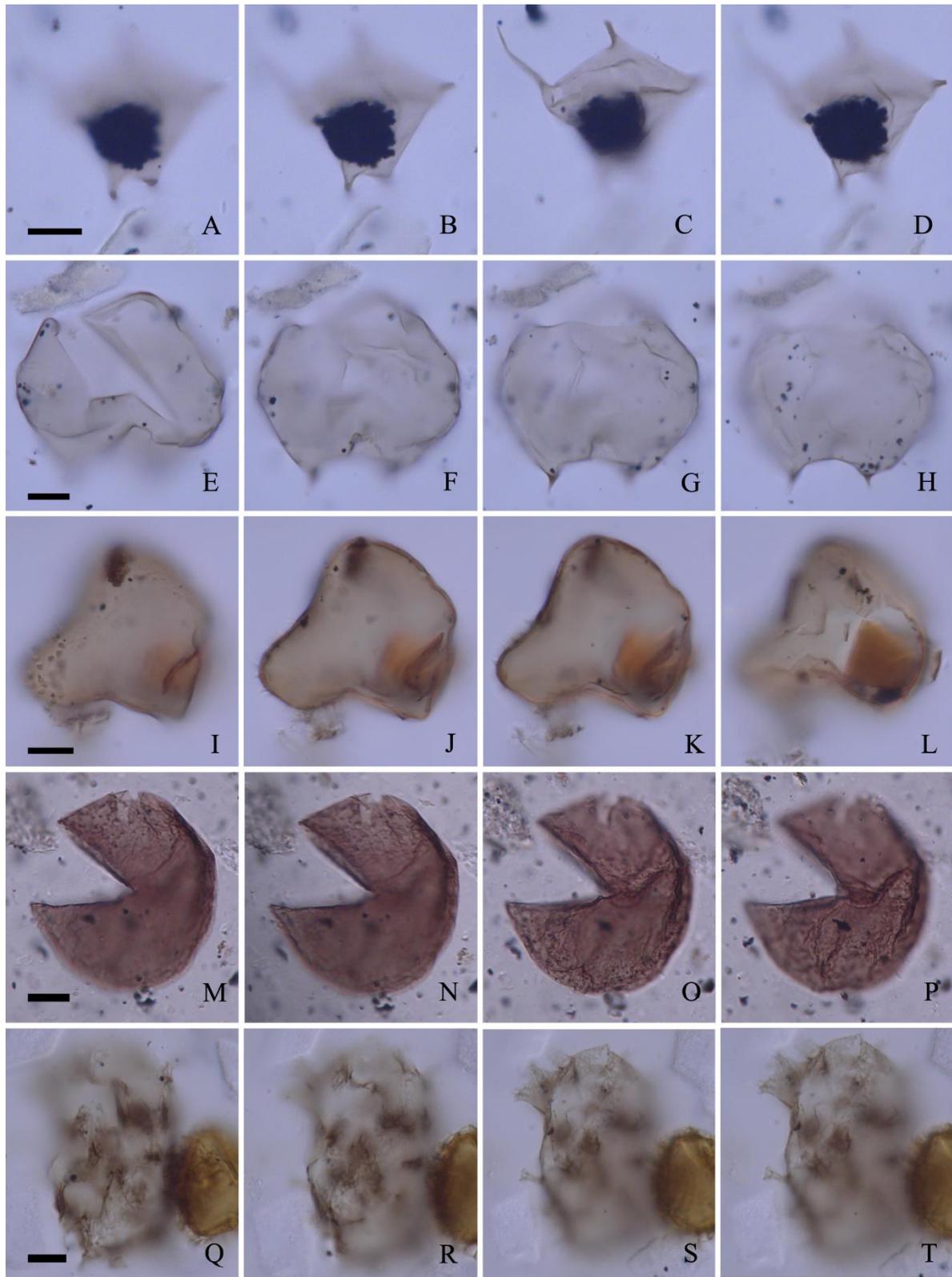


Lámina 6.

Lámina 4. Quistes de dinoflagelados heterotróficos identificados los tres testigos de sedimentos estudiados (CTB, KP60BIS y PD24). Los especímenes se identifican mediante el número de muestra y referencias *England Finder*. Escala= 10 µm. A-B, *Islandinium minutum* Head *et al.*, PD24-239a: L14/4, A, foco intermedio, B, foco alto; C-D, *Islandinium minutum* Head *et al.*, de procesos largos, TB-61a: L51 2/4, C, foco bajo, detalle posible arqueopilo, D, foco intermedio, detalle de los procesos; E-F, *Islandinium minutum* Head *et al.*, 2001, de procesos largos, PD24-239a: U14/2, E, foco intermedio, F, foco alto; G-H, *Islandinium? cezare*, Head *et al.*, TB-149a: P18/4; G, foco intermedio, detalle de los procesos, H, foco alto; I-L, *Archaeperidinium* sp. A., TB-149a: P24/1, I, foco bajo, J-K, foco intermedio, L, foco alto; M-P, *Archaeperidinium* sp. B., TB-61a: N27, M, foco bajo, N-O, foco intermedio, P, foco alto; Q-R, *Echinidinium* sp. cf. *E. delicatum* (Zonneveld) Head *et al.*, TB-271: E38/1, Q, foco bajo, R, foco intermedio, detalle de los procesos; S-T, *Echinidinium* sp. cf. *E. delicatum* (Zonneveld) Head *et al.*, TB-61a: C49, S, foco intermedio, T, foco alto, detalle de los procesos.

Lámina 5. Quistes de dinoflagelados heterotróficos identificados en los tres testigos de sedimentos estudiados (CTB, KP60BIS y PD24). Los especímenes se identifican mediante el número de muestra y referencias *England Finder*. Escala= 10 µm. A, *Brigantedinium simplex* (Wall) Lentin y Williams, PD24-17c: W15/2; B-C, *Brigantedinium cariacense* (Wall) Lentin y Williams, TB-31d: X32/4, C, foco intermedio, C, foco alto, detalle del arqueopilo intercalar (2a); D, *Brigantedinium* sp., KP60-17a: F1/2; E-H, *Selenopemphix quanta* (Bradford) Matsuoka, KP60-44a: T6/2, E, foco bajo, F-G, foco intermedio, H, foco alto; I-L, *Selenopemphix* sp., PD24-109b: J23/1, mostrando sucesivamente focos desde la parte inferior hasta la parte superior; M-O, *Lejeunecysta* sp. A., PD24-229b: Z15/2, M, foco bajo, N-O, foco intermedio, detalle del arqueopilo intercalar y cuernos antapicales; P, *Lejeunecysta* sp. A., PD24-87a: J38/2, detalle del arqueopilo intercalar; Q-R, *Lejeunecysta* sp. B., PD24-3a: U43, Q, foco intermedio, R, foco superior; S-T, *Lejeunecysta* sp. B., PD24-3a: T43/4, S, foco intermedio detalle del arqueopilo intercalar, T, foco alto, detalle cuerno antapical.

Lámina 6. Quistes de dinoflagelados heterotróficos identificados en los tres testigos de sedimentos estudiados (CTB, KP60BIS y PD24). Los especímenes se identifican mediante el número de muestra y referencias *England Finder*. Escala= 10 µm. A-D, *Stelladinium stellatum* (Wall) Reid, PD24-3a: M45/5, mostrando sucesivamente focos desde la superficie inferior hacia la superficie superior, detalle de los cuernos; E-H, *Votadinium calvum* Reid, PD24-3a: M45/4, E, foco bajo, F, foco intermedio, G, foco intermedio, detalle cuernos antapicales, y arqueopilo intercalar, H, foco alto, detalle cuernos antapicales; I-L, *Votadinium spinosum* Reid, KP60-15a: W16/1, I, foco bajo, detalle de la pared con espinas, J-K; foco intermedio, L, foco alto, detalle posible arqueopilo; M-P, *Dubridinium* sp. cf. *D. caperatum*, PD24-159b: X8/4, mostrando sucesivamente focos desde la superficie inferior hacia la superficie superior, con detalle de la pared; Q-T, *Polykrikos* sp. cf. *P. schwartzii* (Bütschli) *sensu* Matsuoka *et al.*, PD24-17c: M13, Q, foco bajo, R, foco intermedio, S-T, foco alto, detalle de los procesos.

IV. ANÁLISIS PALINOLÓGICO ACTUAL

IV.1 Relación de los espectros polínicos y la vegetación

De acuerdo al inventario de las marismas de la costa Atlántica sudoccidental realizado por [Isaach et al. \(2006\)](#), el estuario de Bahía Blanca presenta un dominio de marismas de *Sarcocornia perennis*, cubriendo un área de 203,8 km², y de marismas de *Spartina alterniflora* que ocupan una superficie menor, de 91,9 km². Estas marismas se encuentran asociadas a extensas planicies de marea sin vegetación (609,7 km²) en una costa donde las precipitaciones anuales son inferiores a 600 mm.

Las marismas con *Spartina alterniflora* se encuentran más desarrolladas en planicies muy amplias de los sectores medio y externo del estuario, en las zonas intermareales que se encuentran inmediatas al Canal Principal ([Isaach et al., 2006](#); [González Trilla, 2013](#); [Pratolongo et al., 2016b](#)). Hacia el interior del estuario donde comúnmente se desarrollan condiciones de hipersalinidad originadas por alta evaporación, las marismas vegetadas están restringidas a elevaciones cercanas al nivel de las mareas altas y la especie dominante es *Sarcocornia perennis* ([Pratolongo et al., 2010](#)). Las marismas de *Spartina densiflora* son raras en el estuario de Bahía Blanca y sólo aparecen como pequeños manchones puros que forman una zona de transición entre *S. alterniflora* y *S. perennis* en sitios con influencia de descargas fluviales de los pocos arroyos permanentes ([Pratolongo et al., 2016b](#)).

Chenopodiaceae es el taxón que está mejor representado en todos los espectros polínicos (fósiles y actuales). Su registro en los espectros actuales corresponde a la cobertura presente en las marismas altas del estuario, vegetadas con *Sarcocornia perennis* y también a hierbas y arbustos desarrollados en suelos salinos de las partes más elevadas de las islas y de la costa, inundados esporádicamente por mareas muy altas o fuera del alcance de las mareas. Entre las especies de arbustos típicos de estas estepas halófilas, con amplios sectores descubiertos de suelo salino, se registran *Heterostachys ritteriana*, *Suaeda divaricata*, *Atriplex undulatum* y *Allenrolfea patagonica* ([Lamberto et al., 1997](#)). *Sarcocornia perennis* es la vegetación de las marismas que se desarrolla en la franja intermareal apenas por encima del nivel medio de las pleamares, inundándose sólo durante las mareas más altas ([Calvo-Marcilese y Pratolongo, 2009](#); [Pratolongo et al., 2010](#)).

Poaceae está presente en todos los registros, es una familia que incluye especies halófilas como *Spartina alterniflora*, *Distichlis spicata*, *D. scoparia*, y *Hordeum pusillum*, especies hidrófilas y representantes de los pastizales pampeanos. *Spartina alterniflora* es la vegetación dominante

en la zona intermareal media/baja de las marismas, afectada por todas las mareas altas, soportando la inundación dos veces por día, formando una comunidad monoespecífica (Isacch *et al.*, 2006; Calvo-Marcilese y Pratolongo, 2009). Estas marismas inundadas por las mareas diarias tienen una salinidad casi constante y muy semejante a la del agua de mar adyacente.

Gomphrena es una hierba perenne de la familia Amaranthaceae, encontrada en suelos arenosos en el sector nordeste de Bahía Blanca (Lamberto *et al.*, 1997). En el área de Bahía Blanca se desarrollan dos especies: *G. perennis* (Verettoni y Aramayo, 1974) y *G. pulchella*.

Asteraceae está presente en todos los registros, representa especies herbáceas y del arbustal halófilo (que se desarrolla actualmente en la costa del estuario y en la zona supramareal de las islas), del Monte y del Bosque xerofítico (Espinal). Incluye especies de las subfamilias Mutisioideae, Asteroideae, Cichorioideae y Barnadesioideae. Asteraceae subf. Mutisioideae representa arbustos de especies como *Hyalis argentea* y *Cyclolepis genistoides*, entre otros; *Hyalis argentea* se encuentra formando las comunidades psamófilas de sectores cercanos al estuario y en las zonas próximas a la costa (Lamberto *et al.*, 1997). *Cyclolepis genistoides* integra las comunidades halófilas del Salitral de la Vidriera, Galván, Maldonado y de las salinas camino a Punta Alta (Verettoni, 1961; Nebbia y Zalba, 2007) y forma extensos arbustales en la zona supramareal en la costa oeste del estuario (Pratolongo *et al.*, 2010). Asteraceae subf. Asteroideae está representada en el área de estudio por *Ambrosia*, *Senecio* y *Baccharis*. Con excepción de *Ambrosia* todos los granos de polen fueron agrupados debido a su complejidad para ser diferenciados a nivel de género. *Ambrosia tenuifolia* es la única especie en el área de Bahía Blanca perteneciente al género y que es encontrada hacia el nordeste de la zona externa de Bahía Blanca (Murray *et al.*, 2008). Es una hierba perenne indicadora de suelos secos o bajos y algo salobres (Lamberto *et al.*, 1997). *Senecio* pertenece a las comunidades halófilas de la región y son hierbas perennes que se desarrollan en suelos arenosos y salinos (Lamberto *et al.*, 1997); en el área se menciona para el sector de Puerto Galván (Verettoni, 1961). *Baccharis* está presente en la vegetación de arbustos y de hierbas del área costera del sector de Bahía Blanca y del Salitral de la Vidriera. Especies como *Baccharis artemisioides*, *B. pingraea* y *B. ulicina* forman parte de las comunidades halófilas del partido de Bahía Blanca (Verettoni, 1961). *Baccharis juncea* es encontrada frecuentemente en suelos húmedos del área del Salitral de la Vidriera (Murray *et al.*, 2008).

Asteraceae subf. Cichorioideae es una subfamilia de especies indicadoras de humedad (Tonello y Prieto, 2010), está presente en los espectros polínicos de los Testigos PD24 y KP60BIS. *Chuquiraga* perteneciente a las Asteraceae subf. Barnadesioideae es un arbusto presente tanto

en la provincia fitogeográfica del Monte como en las asociaciones halófilas de la zona costera de Bahía Blanca, y encontrados también en forma aislada en otras áreas continentales o interiores de Bahía Blanca (Lamberto *et al.*, 1997) y en el Salitral de la Vidriera (Verettoni, 1961).

Caryophyllaceae es una familia que incluye hierbas y arbustos del pastizal pampeano, que integran las comunidades psamófilas en dunas arenosas de la Pampa Austral (Tonello y Prieto, 2008). Sin embargo, Nebbia y Zalba (2007) reportan la presencia de algunas especies *Spergula* que forman parte de las comunidades halófilas en sectores cercanos al estuario y zonas próximas a la costa. Es frecuente en los espectros polínicos del Testigo CTB y poco frecuente en los Testigos PD24 y KP60BIS. Brassicaceae, es una familia que forma parte del pastizal pampeano (Tonello y Prieto, 2010) e integra también las comunidades halófilas del partido de Bahía Blanca; incluye hierbas como *Lepidium parodii* y *L. spicatum* propias de ambientes salinos que se han registrado en La Salada, Los Manantiales y Villa Arias (Verettoni, 1961) y también incluye especies asociadas a suelos perturbados. Esta familia está presente en todos los espectros polínicos de los Testigos CTB y PD24, y en pocas muestras del Testigo KP60BIS.

Solanaceae es una familia que incluye a *Lycium*, importante componente de la vegetación del Monte y que se encuentra también en el Caldenal, y asociado a las comunidades halófilas de la zona supramareal en la costa oeste del estuario (Pratolongo *et al.*, 2010). En esta familia también se incluyen hierbas que representan el pastizal pampeano (León, 1991 en Tonello y Prieto, 2010); está presente esporádicamente en los espectros polínicos de los Testigos CTB y PD24, en bajas proporciones. Convolvulaceae es una familia que incluye plantas herbáceas que se encuentran frecuentemente en los terrenos salinos (Verettoni, 1961); está presente esporádicamente en los registros polínicos de los tres sitios fósiles en bajas proporciones. *Plantago* es un género que incluye hierbas, es común encontrarla en suelos arenosos y secos (Zuloaga, 2008); está presente discontinuamente en los registros polínicos de los Testigos CTB y KP60BIS, en bajas proporciones. Lamiaceae representa hierbas perennes que integran las comunidades halófilas encontradas en las orillas del Sauce Chico y de Puerto Galván (Verettoni, 1961); está presente en los Testigos CTB y KP60BIS. *Frankenia juniperoides* y *F. microphylla* son subarbustos que están presentes en terrenos salobres en las salinas alrededor de Bahía Blanca incluyendo la costa marítima y playas ribereñas (Verettoni, 1961; Lamberto *et al.*, 1997). Está presente en los registros polínicos del Testigo KP60BIS, en bajas proporciones.

Los aportes del Bosque xerofítico en la zona de estudio se ven reflejados, entre otros por la presencia de dos especies de la familia Ephedraceae: *Ephedra triandra* y *Ephedra ochreatea* las

que se desarrollan en el Distrito del Caldenal (Tonello y Prieto, 2010) y son indicadoras de ambientes semiáridos (Bolinder *et al.*, 2015). *Ephedra triandra* es una fanerófita arbustiva, que se encuentra también en pocas comunidades halófilas del área cercana a Bahía Blanca (Verettoni, 1961). *Ephedra ochreatea* es un arbusto endémico de Argentina que crece en terrenos arenosos, se ha reportado en las dunas de Pehuen-Co (Verettoni y Aramayo, 1974) y en las dunas mixtas de la transición entre las comunidades psamófilas-estepa arbustiva en Bajo La Quinta, Golfo San Matías (Marcos y Mancini, 2011). *E. ochreatea* está bien representada en todos los registros polínicos obtenidos en esta tesis.

Especies leñosas de las Fabaceae subfamilia Papilionoideae (*Prosopis*, *Geoffroea* y *Prosopidastrum*) son dominantes en el Bosque xerofítico (Caldenal). *Geoffroea decorticans* (chañar) también forma densos arbustales espinosos en la parte alta de la zona oeste del estuario (Pratolongo *et al.*, 2016b). El único taxón que fue diferenciado en esta tesis a nivel de género es *Prosopis*, presente en casi todos los espectros polínicos del Testigo CTB, mientras que en los Testigos PD24 y KP60BIS se registra en pocas muestras. El género *Schinus* (Anacardiaceae) comprende arbustos y árboles (Tonello y Prieto, 2010) y también representa aportes del Caldenal; está presente en los espectros polínicos de los Testigos CTB y KP60BIS, con una representación baja. La familia Zygophyllaceae representa especialmente a los arbustos nativos del género *Larrea* (jarilla), que son componentes secundarios del Caldenal y componentes fundamentales del Monte; está representada esporádicamente en los espectros polínicos de los Testigos CTB y KP60BIS, en bajas proporciones. Rhamnaceae representa los arbustos de *Condalia microphylla* y de *Discaria longispina*, que se desarrollan en el Caldenal y también son reportadas por Verettoni (1961) en las asociaciones halófilas de Bahía Blanca; sólo se registra con bajos valores en los espectros polínicos del Testigo CTB.

Cyperaceae es una familia, de hierbas perennes relacionadas con condiciones de humedad locales, indicadoras de precipitación y de zonas inundables (Verettoni, 1961; Tonello y Prieto, 2008). En los tres testigos las Cyperaceae están representadas a lo largo de todo el registro polínico. *Typha* es un género que incluye plantas herbáceas acuáticas emergentes que se desarrollan en comunidades edáficas de suelos encharcados, en depresiones o bajos y representa condiciones húmedas locales (Tonello y Prieto, 2010). Este taxón está representado a lo largo de todo el registro polínico en los tres testigos fósiles. *Potamogeton* es un género que incluye plantas herbáceas acuáticas sumergidas, se desarrolla a profundidades variables desde pocos centímetros hasta varios metros. Crece en ríos, arroyos, lagos y lagunas temporales en agua dulce a salobre (Verettoni, 1961); está presente en pocas muestras del Testigo CTB. Iridaceae

es una familia, de hierbas perennes que pueden ocupar praderas húmedas; en la zona se registra la presencia de *Sisyrinchium minutiflorum*, *S. avenaceum*, *S. pachyrhizum* y *Alophia lahue* (Verettoni y Aramayo, 1974). Iridaceae se encuentran presente irregularmente y con baja representación en los registros polínicos de los Testigos CTB y PD24. Apiaceae es una familia, que incluye hierbas indicadoras de condiciones húmedas (Tonello y Prieto, 2010); se registra en forma discontinua y con baja representación en los espectros polínicos de los Testigos CTB y KP60BIS.

La presencia de las familias Myrtaceae y Podocarpaceae, del género *Nothofagus* y de la especie *Celtis tala* indican para las muestras fósiles, el aporte de los tipos polínicos arbóreos extraregionales, los cuales se excluyeron de las sumas polínicas y no se consideraron en la determinación de las zonas polínicas, en ninguno de los sitios de muestreo. Estos tipos están presentes por la influencia de los vientos, que contribuyen a la dispersión polínica desde la vegetación del bosque andino patagónico y del bosque xerofítico (Talar) para el caso de *Celtis tala*.

La Tabla 1 Tabla 12 presenta el resumen de los tipos polínicos encontrados en los tres testigos estudiados y la relación con su Hábito / Distribución, de acuerdo a la bibliografía arriba mencionada y a los censos realizados previamente (Cabrera y Zandini, 1978; Lamberto *et al.*, 1997).

Tabla 12. Tipos polínicos registrados en los Testigos CTB, PD24 y KP60BIS, su hábito y distribución.

Tipos polínico	CTB	KP 60BIS	PD24	Hábito/Distribución
Chenopodiaceae	X	x	x	Hierbas y arbustos halófilos
<i>Gomphrena</i>	X	x	x	Hierba psamófila
Poaceae	X	x	x	Hierbas halófilas/hierbas del Pastizal pampeano
Asteraceae subf. Mutisioideae	X	x	x	Arbustos psamófilos/halófilos
<i>Chuquiraga</i>		x	x	Arbusto halófilo/Suelos arenosos
Asteraceae subf. Asteroideae	x	x	x	Hierbas halófilas
<i>Ambrosia</i>	x	x	x	Hierba de suelos secos y algo salobres

Asteraceae subf. Cichorioideae		x	x	Hierbas (Pastizal pampeano)
Caryophyllaceae	x	x	x	Hierbas y arbustos psamófilas/halófilas
Brassicaceae	x	x	x	Hierbas (Pastizal pampeano)/Suelos salinos
Solanaceae	x		x	Arbustos del Monte y Caldenal/ Hierbas (Pastizal pampeano)
Convolvulaceae	x	x	x	Hierbas halófilas
Malvaceae	x			Hierbas/subarbustos (Monte)
Euphorbiaceae	x			Hierbas halófilas
Campanulaceae	x			Hierbas
<i>Plantago</i>	x	x	x	Hierbas psamófilas
Lamiaceae	x	x		Hierbas halófilas
<i>Frankenia</i>		x		Subarbusto halófilo
<i>Ephedra triandra</i>	x	x	x	Arbusto (Bosque xerofítico: Caldenal)
<i>Ephedra ochreatea</i>	x	x	x	Arbusto psamófilo (Bosque xerofítico)
Fabaceae Papilionoideae			x	Arbustos/árboles(Bosque xerofítico: Caldenal)
<i>Prosopis</i>	x	x	x	Arbustos/árboles (Bosque xerofítico: Caldenal)
<i>Schinus</i>	x	x	x	Arbustos/árboles (Bosque xerofítico: Caldenal)
Rhamnaceae	x			Arbustos psamófilos (Bosque xerofítico: Caldenal)
Zygophyllaceae	x	x	x	Arbustos (Bosque xerofítico: Caldenal y Monte)
Cyperaceae	x	x	x	Hierba hidrófila
<i>Typha</i>	x	x	x	Hierba hidrófila
Juncaginaceae	x		x	Hierba hidrófila
<i>Potamogeton</i>	x			Hierba hidrófila
Apiaceae	x	x	x	Hierbas hidrófilas

Iridaceae	x		x	Hierbas hidrófilas
<i>Celtis tala</i>	x	x	x	Árbol extraregional (Bosque xerofítico: Talar)
Myrtaceae	x	x	x	Árboles extraregionales (Bosque Andino Patagónico)
<i>Nothofagus</i>	x	X	x	Árboles extraregionales (Bosque Andino Patagónico)
Podocarpaceae	x	X	x	Árboles extraregionales (Bosque Subantártico)

IV.2 Espectros polínicos de Villa del Mar, Canal del Medio y transecta Canal Tres Brazas: resultados

De acuerdo a las características sub-ambientales y la distribución geográfica de las muestras superficiales tomadas en los diferentes sitios del estuario (Figura 4 y 5Figura 5) y los grupos generados por el análisis de agrupamiento (Figura 15) se distinguen los espectros polínicos de:

IV.2.1 Marisma baja con *Spartina alterniflora* ubicada en la parte media-externa del estuario y con efecto antrópico: corresponde a la muestra VM, recolectada muy cerca de la localidad balnearia de Villa del Mar, ubicada en la costa norte, zona media-externa del estuario. El sitio presenta extensas comunidades puras de *S. alterniflora*, de cobertura homogénea y sujeto a condiciones físicas similares al mar abierto. Está caracterizada por Poaceae (57%), Chenopodiaceae (14%), Asteraceae subf. Asteroideae/*Ambrosia* (20%) y Brassicaceae (5%). Asteraceae subf. Mutisioideae representa el 2% y en menores proporciones están presente Caryophyllaceae y Cyperaceae que no superan el 1%.

IV.2.2 Marismas medias con *Spartina alterniflora* ubicadas en el sector medio-interno del estuario: corresponde a las muestras CM y TA, recolectadas en las zonas intermareales medias con parches de *S. alterniflora* en el Canal del Medio y en la parte alta de la transecta del Canal Tres Brazas respectivamente. Está caracterizada por Chenopodiaceae (58-61%), Poaceae (20-21%), Asteraceae subf. Asteroideae/*Ambrosia* (10-11%), Brassicaceae (3-6%), Asteraceae subf. Mutisioideae (2- 3%). En menores proporciones está presente *Ephedra* spp., que no supera el 2% y Cyperaceae y otras hidrófilas que no superan el 2%.

IV.2.3 Planicies de marea media y baja sin vegetación: corresponde a las muestras TE, TD, TC y TB, obtenidas en la zona intermareal sin vegetación, desde la parte más baja hacia la parte

media, de la transecta del Canal Tres Brazas. Están caracterizadas por Chenopodiaceae (64-74%), Poaceae (7-15%), Asteraceae subf. Asteroideae/*Ambrosia* (6-9%), y Brassicaceae (5%). Asteraceae subf. Mutisioideae representa el 2% y en menores proporciones están presentes Caryophyllaceae y las hierbas hidrófilas (Cyperaceae, *Typha* y otras hidrófilas) que no superan el 5%.

IV.3 Interpretación de los espectros polínicos actuales

Los espectros polínicos muestran poca variación para las muestras de la transecta a lo largo del flanco acrecional del Canal Tres Brazas (Figura 15). En todos dominan Chenopodiaceae (60-72%) acompañada por Poaceae (7-20%) y Asteraceae subf. Asteroideae/*Ambrosia* (9-11%). La concentración polínica total es variable (1.681 a 4.838 granos/g).

Poaceae representa fundamentalmente a *Spartina alterniflora*; que se desarrolla en las zonas intermareales medias y bajas del estuario. Es la segunda especie halófila importante del estuario, cubriendo aprox. 92 km² (Isacch *et al.*, 2006). Chenopodiaceae representa principalmente a *Sarcocornia perennis* (anteriormente conocida como *Salicornia ambigua*), la cual crece sobre el intermareal superior, cubriendo aprox. 204 km² del estuario (Isacch *et al.*, 2006) y a arbustos halófilos que crecen muy próximos a las planicies de marea en los terrenos circundantes de las islas, inundados durante las mareas extraordinarias o no anegados por las mareas.

A pesar que *Spartina alterniflora* forma parches de poblaciones puras en la marisma media del Canal Tres Brazas, parte más alta de la transecta (donde fue obtenida la muestra TA), las frecuencias de Poaceae sólo alcanzan en TA un 20%, siendo dominantes las Chenopodiaceae. Las muestras de las planicies de marea sin vegetación (muestras TB, TC, TD y TE) también presentan un dominio de Chenopodiaceae y sólo un decrecimiento leve de Poaceae (15 a 7%). La muestra de CM correspondiente asimismo a una marisma media con parches de *S. alterniflora* tiene un espectro polínico similar a la muestra TA, dominando Chenopodiaceae (58%) acompañada de Poaceae (20%) y Asteraceae (13%). La dominancia de Chenopodiaceae (58-72%) se registra en todos los espectros polínicos de la zona de marea baja y media de los canales internos del estuario medio (Tres Brazas y del Medio). Estos espectros polínicos son similares a los registrados en el flanco de acreción de otra sección perpendicular al Canal Tres Brazas (Grill y Guerstein, 1995). Las razones para la baja representación de Poaceae en estos

espectros polínicos, aún en aquellos correspondientes a las muestras obtenidas donde se desarrolla *Spartina*, podrían ser:

1. la escasa cobertura de *S. alterniflora* en estos sitios del estuario interno de Bahía Blanca, presentándose en parches de poco desarrollo. Los canales internos, como el Canal Tres Brazas y el Canal del Medio, sólo tienen algunos parches de *S. alterniflora* de poca extensión en los flancos de acreción. En cambio, las Chenopodiaceae (representadas por *Sarcocornia perennis* en la marisma alta y arbustos halófilos en las partes elevadas de las islas) ocupan una amplia extensión en la superficie que cubre las islas, circundante a las marismas de *Spartina*;

2. las diferentes productividades polínicas de ambas familias. Según los resultados de [Subba Reddi y Reddi \(1986\)](#), las Poaceae producen más granos de polen por antera que las Chenopodiaceae, pero el número de anteras por flor es menor para las Poaceae. Esto determinaría la mayor productividad de polen de *Sarcocornia* por ejemplo, con respecto a la de *Spartina* ([Pérez et al., 2009](#)).

3. la dispersión de tipo anemófilo de las Chenopodiaceae ([Faegri y Van Der Pijl, 1979](#)) favorecería la dispersión de polen de las especies de porte arbustivo, bien representadas en la superficie de las islas (como *Heterostachys ritteriana*, *Suaeda divaricata*, *Atriplex undulatum* y *Allenrolfea patagonica*). En el caso de *Sarcocornia perennis* es alta productora de polen y posee dispersión anemófila ([Faegri y Van Der Pijl, 1979](#)), pero por su hábito rastrero, decumbente y porque sólo puede alcanzar hasta 0,8 m de altura ([Cabrera y Zardini, 1978](#)) favorecería una mejor depositación *in situ*. Sin embargo, *S. perennis* se desarrolla en los niveles superiores de la zona intermareal, desde donde el polen podría ser removido y redepositado por las mareas. Las marismas y las planicies de marea sin vegetación actúan como un área colectora de polen de la vegetación local y regional transportado por el viento y redepositado por las mareas ([Stutz y Prieto, 2003](#); [Medeanic et al., 2007](#); [Vilanova y Prieto, 2012](#)).

En los espectros polínicos de la transecta Canal Tres Brazas, no se registra aumento en la concentración polínica en la marisma vegetada con *S. alterniflora*, lo cual no sustenta la afirmación que la biomasa aérea de esta Poaceae actúa como trampa de polen ([Leonard y Croft, 2006](#)). La muestra TA tiene un valor de 3.695 granos/g, menor a las muestras TB y TC con valores de 4.838 y 4.669 respectivamente. Las concentraciones polínicas son máximas en la planicie de marea media sin vegetación (TB y TC) y mínimas para la planicie de marea baja sin vegetación (TD y TE).

La muestra superficial de VM se caracteriza por el dominio de Poaceae (57%) acompañado por Asteraceae subf. Asteroideae/*Ambrosia* (23%) y Chenopodiaceae (18%), con una concentración polínica de 21.485 granos/g. Las altas frecuencias de Poaceae se pueden atribuir a la cobertura extensa y homogénea de *Spartina alterniflora* en el sitio de muestreo en la parte baja del intermareal. La mayor proporción de Asteraceae subf. Asteroideae y de *Ambrosia* y la baja proporción de Chenopodiaceae pueden estar relacionadas con la ubicación geográfica sobre la costa de la Pampa Austral, con mayor representación de *Ambrosia* y otras especies de las Asteraceae subf. Asteroideae en el área, la que está afectada antrópicamente causando la disminución de la cobertura de arbustos halófilos. Los altos valores de la concentración polínica en este sitio sí concuerdan con la observación que marismas de *Spartina alterniflora* pueden actuar como trampa de sedimento y polen a nivel local, y la diferencia con los sitios internos del estuario podría residir principalmente en la mayor cobertura de la marisma de *Spartina* y en la estabilidad de los suelos.

La diferencia en el espectro polínico registrado para VM en comparación con los espectros de CM y de la transecta del Canal Tres Brazas, está relacionada con la variación en las comunidades de vegetación en cada uno de los puntos de muestreo. Las marismas con *Spartina alterniflora* se encuentran más desarrolladas en la parte media y externa del estuario en la zona intermareal que se encuentra inmediata al Canal Principal (Isaach *et al.*, 2006; Pratolongo *et al.*, 2010).

En dicho sector la acción del oleaje es intensa, sin embargo, esta acción no afecta el desarrollo de estas plantas que se encuentran expandiéndose en varios sitios, como en el caso de Puerto Rosales. A éste sector del estuario corresponde la muestra superficial de la marisma de Villa del Mar (VM). En cambio, los canales internos donde se encuentran localizadas las muestras de superficie de la transecta del Canal Tres Brazas (TA-TB-TC-TD-TE) y de Canal del Medio (CM) sólo tienen parches de *Spartina alterniflora* de poca extensión en los flancos de acreción. El escaso desarrollo de *Spartina* en estos canales puede atribuirse a una inestabilidad muy alta de los mismos que con su recorrido sinuoso migran y cambian continuamente de posición, no permitiendo el desarrollo y estabilización de las marismas de *Spartina*.

Villa del Mar está ubicada en la zona media del estuario y sobre el Canal Principal, con mayor grado de efecto antrópico y mostrando un importante desarrollo de la marisma de *Spartina alterniflora*; que cubre una gran extensión. *Sarcocornia perennis* ubicada en la parte más alta de la zona intermareal y especialmente los arbustos halófilos de la zona supramareal están más afectados por los efectos antrópicos, generando así baja presencia de las Chenopodiaceae en los

espectros polínicos de VM, contrariamente a lo que ocurre en los espectros de las muestras de CM y Canal Tres Brazas que al estar ubicados en la zona más interna del estuario sufren escaso o nulo efecto antrópico.

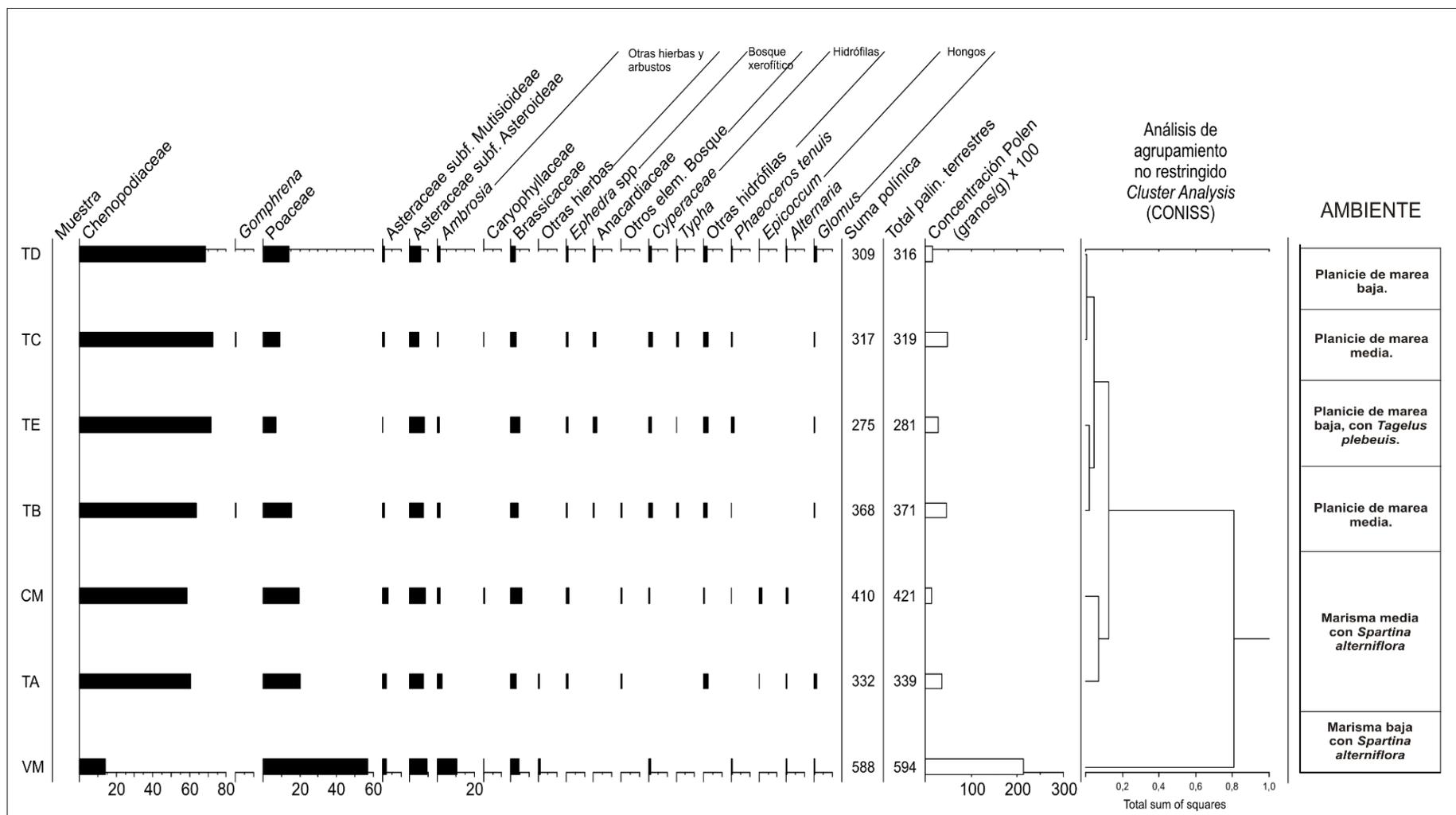


Figura 15. Diagrama de frecuencias relativas y concentración total del polen superficial de la transecta Canal Tres Brazas (TA, TB, TC, TD, TE), de Villa del Mar (VM) y de Canal del Medio (CM). Análisis de agrupamiento no restringido y ambientes. Otras hierbas incluyen Solanaceae, Convolvulaceae, Plantago y Euphorbiaceae. Otros elem. del Bosque incluye Zygophyllaceae y Rhamnaceae. Otras hidrófilas incluyen Juncaginaceae, Potamogeton y Apiaceae.

IV.4 Espectros de palinomorfos no-polínicos (PNPs) de Villa del Mar, Canal del Medio y transecta Canal Tres Brazas: resultados e interpretación

Los espectros de palinomorfos no polínicos (PNPs) de las muestras de sedimentos actuales del estuario están formados por 12 especies de dinoquistes, 2 tipos de acritarcos, 3 tipos de algas clorofíceas y 1 tipo de zooplancton marino (Figura 16).

Los espectros no polínicos muestran un predominio de dinoquistes fototróficos sobre los restantes palinomorfos tanto en la transecta Canal Tres Brazas (42-70%) como en las muestras de VM (44%) y CM (55%).

Las asociaciones de dinoquistes fototróficos de la transecta del Canal Tres Brazas están formadas por *Operculodinium centrocarpum*, *Spiniferites bulloideus*, *S. bentorii*, *S. mirabilis*, *S. cf. pachydermus*, *Melitasphaeridium choanophorum* y *Pentapharsodinium dalei*, predominando *O. centrocarpum* acompañado de *S. cf. pachydermus* y de *Spiniferites bulloideus*. Las asociaciones de dinoquistes fototróficos de las muestras CM y VM están formadas por *Operculodinium centrocarpum*, *Melitasphaeridium choanophorum* y *Spiniferites* spp. (las especies de *Spiniferites* se agrupan). *Melitasphaeridium choanophorum* se registra en las muestras más internas del estuario (CM y VM) y en la muestra intermedia de la transecta Canal Tres Brazas (TC), zona interna del estuario. *Pentapharsodinium dalei* se registra solamente en la muestra TB de la transecta Canal Tres Brazas.

El Canal Tres Brazas es un canal dinámicamente activo; afectado por las mareas, por lo que la energía de los procesos de depositación varía a lo largo de la transecta, causando posiblemente las variaciones registradas en los espectros de los PNPs. Los PNPs analizados son acuáticos fundamentalmente y son originados por organismos planctónicos y por ello, en el caso de las muestras de la transecta Canal Tres Brazas, están representando las mismas características físico-químicas e hidrográficas ya que corresponden a un mismo sitio de muestreo dentro del estuario interno de Bahía Blanca. Estas variaciones se observan en los porcentajes de los dinoquistes heterotróficos y los acritarcos especialmente, mostrando el mayor aporte de acritarcos en la muestra de la parte más alta (TA) que va disminuyendo hacia el interior del canal, mientras que los dinoquistes heterotróficos aumentan (Figura 16).

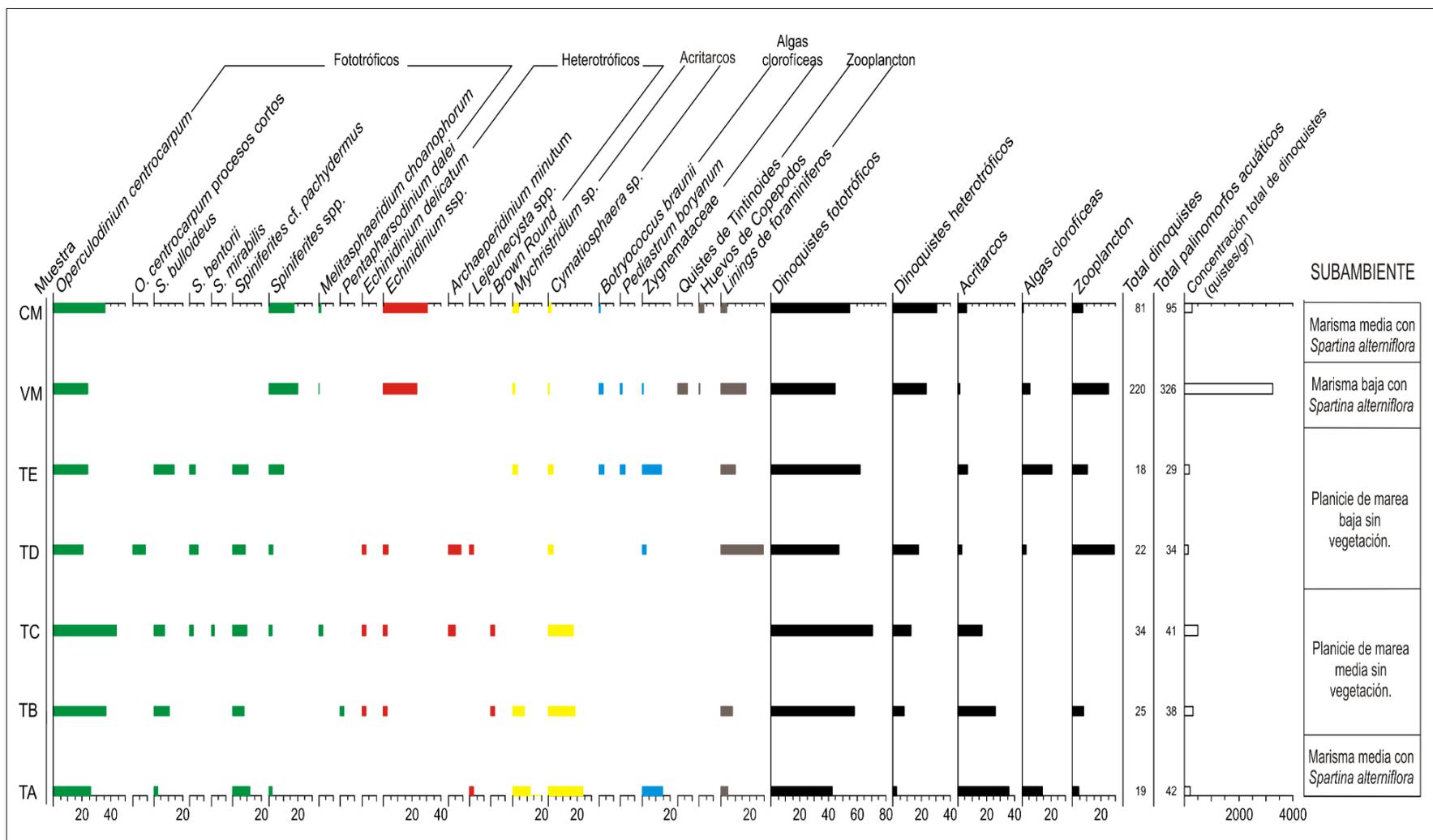


Figura 16. Diagrama de frecuencias relativas de dinoquistes, acritarcos, algas clorofíceas y elementos del zooplancton de las muestras superficiales de la transecta Canal Tres Brazas (TA-TB-TC-TD-TE), de Villa del Mar (VM) y de Canal del Medio (CM). Concentración total de dinoquistes. Sub-ambiente.

Las asociaciones de dinoquistes heterotróficos de las muestras de la transecta Canal Tres Brazas están formadas por *Echinidinium delicatum*, *Echinidinium* spp, *Archaeoperidinium minutum*, *Lejeunecysta* spp y otros dinoquistes de pared pigmentada indeterminados (tipo *Round brown*). Las asociaciones de dinoquistes heterotróficos de las muestras de CM y VM están formadas por *Echinidinium* spp., que incluye *Echinidinium delicatum* y otros *Echinidinium* no asignados a especies. Los dinoquistes heterotróficos muestran una variación en sus frecuencias a lo largo del flanco acrecional del Canal Tres Brazas. Los mayores valores se observan en la muestra TD (17%) seguida de las muestras TC (12%), TB (8%) y TA (3%). Los quistes heterotróficos de las muestras de VM y CM presentan valores similares y más altos (24 y 31% respectivamente), que podrían relacionarse con un mayor contenido de nutrientes en estos sitios, debido a que se encuentran más cercanos a áreas sujetas a efectos antrópicos (CM está cercano al puerto de Ing. White y VM es una población y balneario). Los dinoquistes heterotróficos están ausentes en la muestra TE.

Los acritarcos en el Canal Tres Brazas están representados por: *Mychristridium* sp. y *Cymatiosphaera* sp y muestran un aumento desde el canal hacia la parte más alta del flanco, con valores de 3% en la parte más baja y 36% en la parte más alta. Este cambio podría estar relacionado con las condiciones de energía variables anteriormente mencionadas. La zona más interna del canal tiene más retrabajamiento e inestabilidad con una remoción de depositaciones.

Las algas clorofíceas de origen continental: *Pediastrum boryanum* y *Botryococcus braunii* están presentes en la marisma de Villa del Mar alcanzando el 5%. En las muestras tomadas en el flanco acrecional del Canal Tres Brazas sólo se presentan en la muestra TE, ubicada en la parte más baja sobre el canal, alcanzando el 7%. Los mayores valores de las algas clorofíceas en la muestra más baja de la transecta estarían señalando que estas planicies bajas permanecen cubiertas con agua la mayoría de tiempo y actúan como áreas colectoras de palinomorfos transportados desde el interior del estuario. Este hecho fue observado también en las zonas bajas de la marisma de Samborombón (Vilanova y Prieto, 2012).

La concentración de dinoquistes es baja para todas las muestras de las planicies de marea y para las marismas medias de los canales (TB y CM), variando entre 114 hasta 495 dinoquistes/g de sedimento. El valor de la concentración en la muestra de VM (marisma baja) es el más alto; con una concentración de 3.256 dinoquistes/g de sedimento. Las variaciones en las concentraciones podrían relacionarse a las diferencias en las condiciones oceanográficas y sedimentológicas de los sitios de muestreo.

- Los valores de salinidad son más elevados en los pequeños canales de marea (parte interna del estuario), debido a que las tasas de evaporación son más elevadas en estas zonas más someras, por tal razón los sedimentos de la muestra de VM están depositados en un sector con valores de salinidad más cercanos a los marinos normales. Esto podría influir en el desarrollo del plancton, en especial de las especies de dinoflagelados que son propios de ambientes euhalinos o no soportan salinidades elevadas por encima de las salinidades marinas normales.
- Los sedimentos de VM, han sido depositados en un sector de mar abierto, cercano al Canal Principal con mayor conexión a las poblaciones planctónicas, que se desarrollan en la plataforma, mientras que los sedimentos de las muestras de la transecta Canal Tres Brazas y de CM han sido depositados en sectores restringidos, controlados por la acción de las corrientes de marea.
- Los canales de marea internos de la zona media son dinámicos y migran cambiando sus flancos de acreción y de erosión con un importante retrabajamiento de los sedimentos superficiales, y una alta tasa de sedimentación; mientras que el Canal Principal tiene sedimentos superficiales con mayor estabilidad, colonizados por marismas de *Spartina* independientemente de los niveles de energía proporcionados por el oleaje. Posiblemente, las altas concentraciones de dinoquistes en VM (concordantes con altas concentraciones de polen en el mismo sitio, como se mostró anteriormente en los espectros polínicos) se relacionen a una tasa de sedimentación más baja para este sitio en relación a las tasas de sedimentación de los canales interiores.
- La turbidez del estuario se caracteriza por tener un régimen de mezcla y está asociado a fuertes procesos turbulentos durante las máximas condiciones de reflujos e inundación (Piccolo y Perillo, 1990), siendo mayor en los canales interiores en directa relación a lo expuesto en el ítem anterior; éste es un factor que afecta también el desarrollo de los dinoflagelados fototróficos, fuertemente dependientes como otros organismos fitoplanctónicos de la intensidad de la luz.
- El estuario está incluido entre los ecosistemas costeros más eutróficos, controlado en la parte interna por las variaciones en la salinidad, aportes de agua dulce y lluvias en el área. Los sedimentos de VM, presentan una fuerte influencia antrópica con un aporte de nutrientes más alto que permitiría el desarrollo de las poblaciones de dinoflagelados heterotróficos.

IV.5 Dinoquistes en transecta de El Rincón: resultados e interpretación

Los espectros palinológicos obtenidos en las muestras de la transecta de El Rincón se caracterizan por un predominio de dinoquistes heterotróficos y ausencia de acritarcos a los 15 metros desde la costa (st 34) con condiciones menores de salinidad y mayores de temperatura. La segunda muestra ubicada a los 50 m desde la costa (st 32), presenta la mayor proporción de acritarcos en comparación con las otras muestras, acompañando el predominio de los dinoquistes heterotróficos, en condiciones de mayor salinidad y de menor temperatura. La tercera muestra (st 29), presenta predominio de dinoquistes fototróficos, menores proporciones de dinoquistes heterotróficos en comparación a las otras muestras y baja proporción de acritarcos, y corresponde a los mayores valores de temperatura y salinidad. La cuarta muestra (st 20) presenta una disminución en los dinoquistes fototróficos; aunque siguen predominando, y de acritarcos, y un aumento en los dinoquistes heterotróficos, con condiciones de salinidad y temperatura levemente menores. La quinta muestra (st 19) continúa con la disminución de los dinoquistes fototróficos, el aumento de los dinoquistes heterotróficos y un leve aumento en la proporción de acritarcos, en cuanto a las condiciones de temperatura y salinidad son menores a la de la estación 20 (Figura 17, 18Figura 18 y 19Figura 19).

Tabla 13. Estaciones de la transecta de El Rincón y las condiciones de temperatura (T °C), salinidad (S ‰) y los porcentajes de los dinoquistes fototróficos, heterotróficos y acritarcos.

Estación	Distancia de la costa m	Prof. m	T °C	S ‰	% Dinoquistes fototróficos	% Dinoquistes heterotróficos	% Acritarcos
34	15	15,13	11,1	32,9	25	75	0
32	50	36,67	10,4	33,8	40	55	5
29	90	44,53	10,8	34	73	25	2
20	140	58,40	10,7	33,9	60,5	39	0,5
19	190	68,45	10,4	33,6	55	44	1

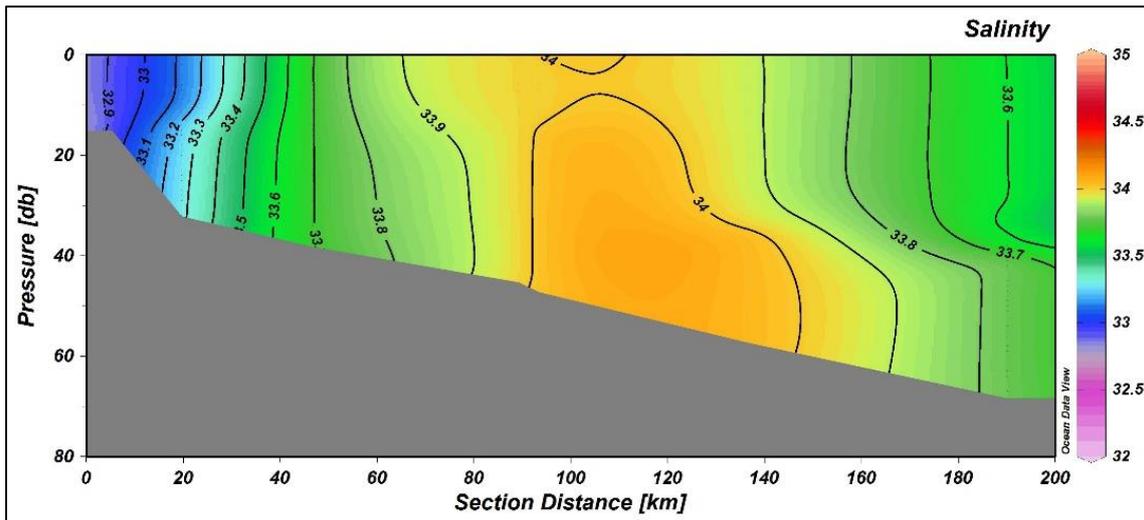


Figura 17. Variación de las condiciones de salinidad en la transecta de El Rincón.

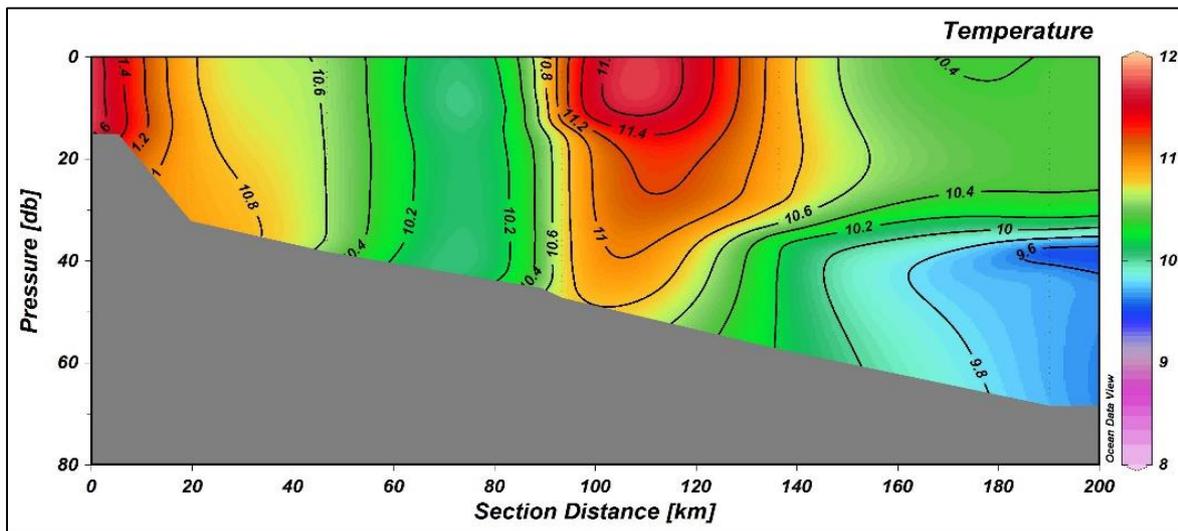


Figura 18. Variación de las condiciones de temperatura en la transecta de El Rincón.

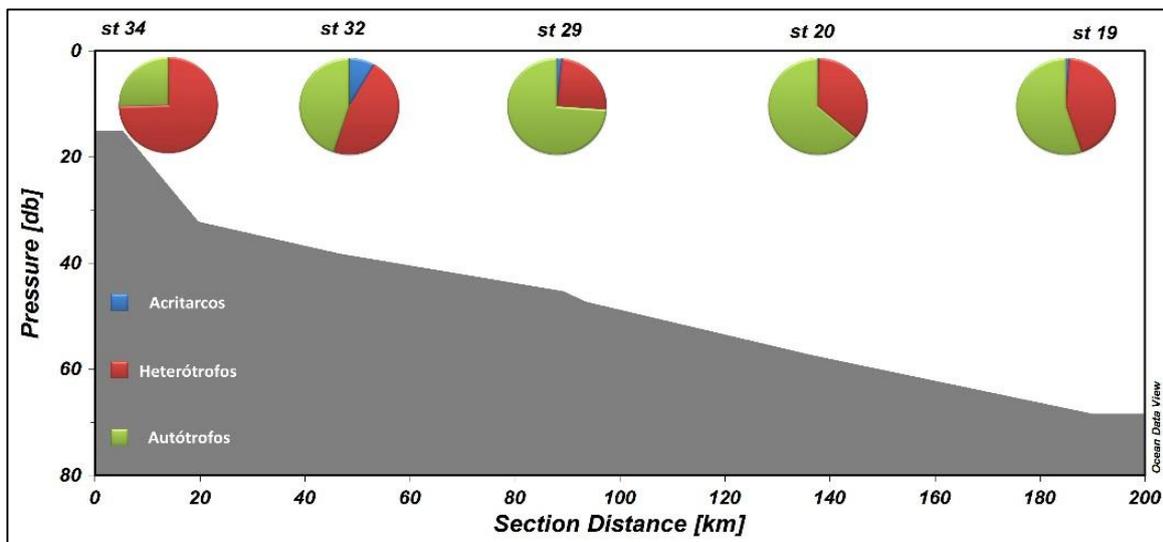


Figura 19. Diagramas circulares de los espectros palinológicos de la transecta de El Rincón.

Las asociaciones de dinoquistes obtenidos de estas muestras de superficie tienen una diversidad alta identificándose 25 taxones (Borel *et al.*, en prep.; Tillmann *et al.*, 2016). Entre los dinoquistes fototróficos es dominante *Protoceratium reticulatum* (nombre paleontológico del quiste es *Operculodinium centrocarpum*), acompañado por quistes de *Gonyaulax* aff. *spinifera* (nombre de los quistes: *Spiniferites ramosus*, *Spiniferites* cf. *pachydermus* y *Spiniferites mirabilis*) y *Gonyaulax* cf. *scrippsae* (*Spiniferites bulloideus*). Los quistes de las especies heterotróficas están representados por *Protopteridinium* spp. (*Protopteridinium conicum*, *P. claudicans*, *P. oblongum*, *P. avellanum*, *P. leonis*, *P. conicoides*, *P. obtusum*, *P. stellatum*, *P. subinermis*, *P. nudum*, *Archaeopteridinium minutum*), *Polykrikos kofoidii* / *P. schwartzii*, *Cochlodinium* sp., Diplopsalioideae, y otros morfotipos incluidos en el género forma *Echinidinium* (dinoquistes marrones y con espinas de afinidad biológica incierta). Muchos de los quistes de *Protopteridinium* spp. reciben nombres paleontológicos, el que fue utilizado en el análisis de los testigos fósiles y también en las muestras actuales del estuario de Bahía Blanca y la correspondencia entre la especie actual y el nombre morfogenérico que recibe el quiste en los estudios fósiles se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14. Lista de dinoquistes registrados en las muestras actuales con nombre palinológico y su afinidad biológica.

Familia	Especie Paleontológica	Especie Biológica
Gonyaulacaceae	Grupo Fototróficos	
	<i>Operculodinium centrocarpum</i> (Deflandre y Cookson, 1955)	<i>Protoceratium reticulatum</i> (Claparède & Lachmann) Bütschli
	<i>Spiniferites ramosus</i> (Ehrenberg, 1838) Mantell, 1854.	<i>Gonyaulax spinifera</i> complex (Claparède y Lachmann, 1859) Diesing, 1866
	<i>Spiniferites</i> cf. <i>pachydermus</i> (Rossignol, 1964) Reid, 1974	<i>Gonyaulax spinifera</i> complex
	<i>Spiniferites mirabilis</i> (Rossignol, 1964) Sarjeant, 1970	<i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparède y Lachmann, 1859) Diesing, 1866
	<i>Spiniferites bulloideus</i> (Deflandre y Cookson, 1955) Sarjeant, 1970	<i>Gonyaulax scrippsae</i> (Kofoid, 1911)
<i>Spiniferites bentorii</i> (Rossignol, 1964) Wall y Dale, 1970	<i>Gonyaulax digitalis</i> (Pouchet, 1883) Kofoid, 1911	

	<i>Lingulodinium machaerophorum</i> (Deflandre y Cookson, 1955) Wall, 1967	<i>L. polyedrum</i> (von Stein, 1883) Dodge, 1989
	<i>Melitasphaeridium choanophorum</i> (Deflandre y Cookson, 1955) Harland y Hill, 1979	
	Grupo Heterotróficos	
	<i>Selenopemphix quanta</i> (Bradford, 1975) Matsuoka, 1985	<i>Protopteridium conicum</i> (Gran) Balech
	<i>Selenopemphix nephroides</i> (Benedek, 1972) Benedek et Sarjeant, 1981	<i>Protopteridium subinerme</i> (Paulsen 1904) Loeblich III 1970.
	<i>Votadinium spinosum</i> (Reid, 1977)	<i>Protopteridium claudicans</i> (Paulsen) Wall y Dale, 1968
	<i>Votadinium calvum</i> (Reid, 1977)	<i>Protopteridium oblongum</i> (Aurivillius) Parke y Dodge, 1976
Protopteridiniaceae	<i>Brigantedinium cariacense</i> (Wall, 1967) Lentin y Williams, 1993	<i>Protopteridium avellanum</i> (Meunier, 1919) Balech, 1974.
	<i>Brigantedinium simplex</i> (Wall, 1965) ex Lentin y Williams, 1993	<i>Protopteridium conicoides</i> (Paulsen, 1905) Balech, 1973
	<i>Lejeunecysta</i> spp.	<i>Protopteridium leonis</i> (Pavillard) Balech, 1974
	<i>Echinidinium</i> spp.	
	<i>Stelladinium stellatum</i> (Wall, 1967) Reid, 1977	<i>Protopteridium stellatum</i> (D.Wall) M. Head en Rochon et al. 1999
		<i>Protopteridium nudum</i> Wall y Dale, 1968
	Quiste de <i>Archaepteridium minutum</i> Yamaguchi et al., 2011	<i>Archaepteridium minutum</i> Yamaguchi et al., 2011
Gymnodiniaceae	<i>Polykrikos schwartzii</i> (Bütschli, 1873) Matsuoka, 2009	<i>P. schwartzii</i> (Bütschli 1873) Guiry y Guiry 2012

Las sts 34 y 32 corresponden a aguas costeras de baja salinidad y están cercanas a la desembocadura del Río Negro que a través de su descarga origina un aporte de nutrientes significativo y éste se ve reflejado en la alta proporción de dinoquistes heterotróficos.

La sts 29 y 20 con alta proporción de fototróficos aparecen relacionadas a zonas de estratificación termal originado por calentamiento del agua superficial durante la primavera austral. Esta estratificación estacional puede llegar a una zona tan interna, de sólo 30 m de profundidad, a unos 50 km de la costa, como ha sido indicado por [Lucas *et al.* \(2005\)](#) y posiblemente sea responsable de crear condiciones ambientales que favorecen florecimientos de dinoflagelados fototróficos. En la estación más externa (st 19), la influencia de las aguas frías y ricas en nutrientes de la corriente de Malvinas parece ser la que origina un aumento en las concentraciones de dinoquistes heterotróficos.

V. TESTIGO CANAL TRES BRAZAS

Introducción

El Testigo Canal Tres Brazas (CTB) fue extraído sobre el flanco erosivo del canal de mareas Tierra Firme, tributario del Canal Tres Brazas. Ambos canales están ubicados en la zona media del estuario de Bahía Blanca y se caracterizan por presentar ausencia de descarga de agua dulce y una circulación de dominio totalmente mareal. El Canal Tres Brazas es a su vez tributario del Canal Principal. La base del testigo obtenido se ubica unos 3,75 m por debajo del NMM actual.

V.1 Sedimentología

La secuencia se puede dividir en tres grandes secciones denominadas informalmente 1, 2 y 3 (Capítulo II: Figura 10, Tabla 4). La sección 1 (500–276 cm) comprende la unidad litológica TBL1 que está formada por un paquete compuesto de limo arenoso color gris medio con intercalaciones uniformes de arena fina a muy fina limosa, dispuesta en láminas de 0,5 a 2 cm de espesor. La sección 2 (276-131 cm) que comprende las unidades litológicas TBL2, TBL3, TBL4 y TBL5, muestra un cambio brusco en la granulometría aumentando el porcentaje de arena gruesa, media y fina. Comienza con arena gruesa y media a fina, color gris medio, sin ningún tipo de estructura visible y con fragmentos de conchillas (TBL2) que continúa con intercalaciones entre arena limosa y arena fina a media (TBL3), posteriormente arena limosa masiva (TBL4) y hacia arriba arena fina a muy fina con laminaciones de arena limosa. La sección 3 (131-0 cm) que comprende las unidades litológicas TBL6 y TBL7, está formada por un paquete masivo que va de arena fina color rojizo negruzco a arena limosa (TBL6) que pasa a una arena muy fina limosa color amarillo grisáceo hacia el tope del testigo (TBL7).

V.2 Descripción de los espectros polínicos

Los espectros polínicos del Testigo CTB están formados por 27 tipos de polen, 2 tipos de esporas de briofitas, un tipo de espора de pteridofita, y 3 tipos de esporas fúngicas. Los tipos de polen identificados son: *Chenopodiaceae*, *Gomphrena*, *Poaceae*, *Asteraceae* subf. *Mutisioideae*, *Asteraceae* subf. *Asteroideae*, *Ambrosia*, *Caryophyllaceae* y *Brassicaceae*. El Bosque xerofítico está representado por *Ephedra triandra* y *E. ochreatea*, *Fabaceae* subf. *Papilionoideae*, *Prosopis*, *Schinus*, *Zygophyllaceae* y *Rhamnaceae*. Las hidrófilas incluyen *Cyperaceae*, *Typha*, *Juncaginaceae*, *Potamogeton*, *Apiaceae* e *Iridaceae*. *Solanaceae*, *Convolvulaceae*, *Plantago*,

Lamiaceae, Euphorbiaceae y Campanulaceae se agrupan en otras hierbas. Briofitas/Pteridofitas incluyen *Phaeoceros*, *Riccia*, Polypodiaceae y otras Pteridofitas. Además, están presentes *Epicoccum*, *Alternaria* y *Glomus* y esporas fúngicas indeterminadas multicelulares. El análisis de agrupamiento estratigráficamente restringido (*Cluster Analysis*) permitió dividir el espectro polínico en dos zonas polínicas: TB-PI, TB-P II y dos subzonas TB-PIa y TB-PIb. El diagrama de porcentajes relativos y las zonas polínicas está representado en la Figura 20.

Para la Zona TB-PI; se identifican dos subzonas:

Subzona TB-PIa (500-280 cm): está caracterizada por el dominio de Chenopodiaceae (36-78%) acompañada por Poaceae (8-31%) y Asteraceae subf. Asteroideae (3-19%). Caryophyllaceae alcanza los valores máximos en la base del testigo (hasta el 20%). En menores proporciones están los elementos del Bosque xerofítico (<8%), las plantas hidrófilas (<9%) y Otras hierbas ($\leq 4\%$). Están presentes *Epicoccum* (<5%), *Alternaria* (<18%) y *Glomus* ($\leq 10\%$). La concentración polínica total es variable (150 a 5.548 granos/g).

Subzona TB-PIb (280-125 cm): está caracterizada por el dominio de Chenopodiaceae (26-57%) acompañada por Poaceae (16-34%) y Asteraceae subf. Asteroideae (5-16%). Continúa la presencia de los mismos tipos dominantes de la subzona TB-PIa, y se observa una disminución en las proporciones de Chenopodiaceae y un aumento en las proporciones de Poaceae y Asteraceae subf. Asteroideae. En menores proporciones están presentes *Ambrosia* ($\leq 3\%$), los elementos del Bosque xerofítico (<9%) y Otras hierbas ($\leq 2\%$). Se observa un aumento de las hidrófilas (<13%), en particular de las Cyperaceae que alcanzan hasta el 8%. Neorhabdocoela presenta las mayores proporciones (<12%). Las esporas fúngicas continúan presentes con pequeñas variaciones en las proporciones: *Epicoccum* ($\leq 6\%$), *Alternaria* (<17%), y *Glomus* cuyas proporciones disminuyen ($\leq 5\%$). La concentración polínica total es baja (107 a 1.564 granos/g) y sólo presenta un pico que alcanza el valor de 3.237 granos/g.

Zona TB-P II (125-0 cm): se registra un aumento en Chenopodiaceae (43-83%), acompañado por una disminución de Poaceae (2-44%) y de Asteraceae subf. Asteroideae presente en menores proporciones (3-10%). *Ambrosia* se presenta solo en 5 muestras. Las proporciones de los elementos del Bosque xerofítico ($\leq 6\%$), plantas hidrófilas (<8%) y Otras hierbas ($\leq 2\%$) presentan una leve disminución. Se presentan los mismos tipos fúngicos, *Glomus* alcanza los valores mayores ($\leq 16\%$) y las esporas de Briofitas y de Pteridofitas alcanzan el 10%. La concentración polínica total es variable (212 a 3.821 granos/g), presentándose los menores valores en la base y en el tope de la zona.

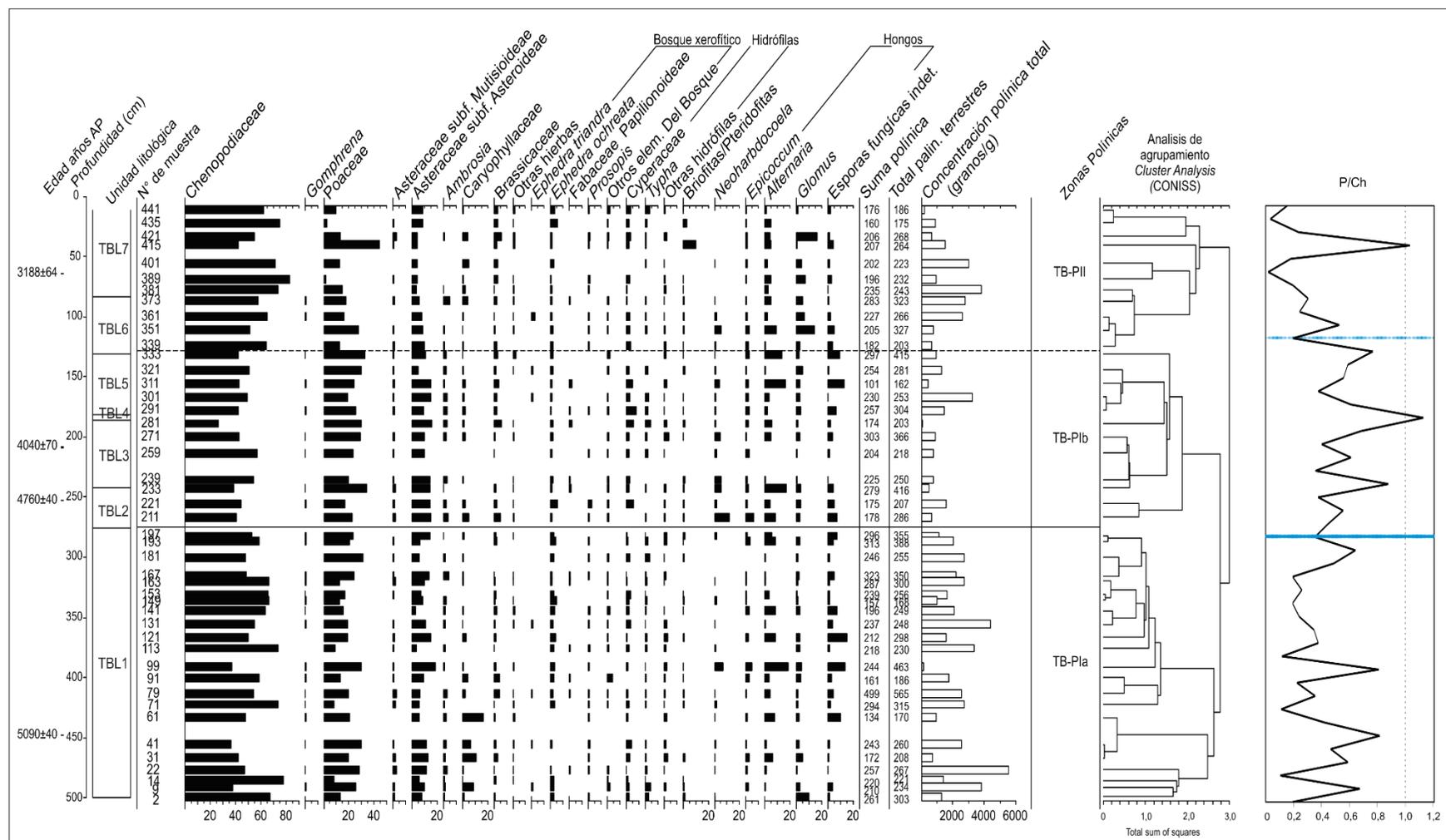


Figura 20. Diagrama de frecuencias relativas y concentración polínica total del Testigo Canal Tres Brazas. Zonas polínicas de acuerdo al análisis de agrupamiento. Relación P/Ch. Otras hierbas incluye Solanaceae, Convolvulaceae, Plantago, Lamiaceae, Euphorbiaceae y Campanulaceae. Otros elem. del Bosque incluye Schinus, Zygophyllaceae y Rhamnaceae. Otras hidrófilas incluye Juncaginaceae, Potamogeton, Apiaceae e Iridaceae.

V.2.1 Relación Poaceae/Chenopodiaceae (P/Ch)

Esta relación se calculó a partir de las frecuencias de Poaceae y Chenopodiaceae del Testigo CTB como un índice del tipo de marismas predominantes en relación a su posición dentro del paleoestuario. A partir de lo observado y discutido en el modelo palinológico actual del estuario de Bahía Blanca, se interpreta que mayores proporciones de Poaceae se relacionan a marismas o planicies costeras expuestas a condiciones de mar abierto, menos inestables desde el punto de vista de la migración de la línea de costa, donde las poblaciones puras de *Spartina alterniflora* colonizaron y estabilizaron los suelos de amplias planicies. Los valores del índice de la relación P/Ch a lo largo de todo el testigo oscilan entre 0,01 y 1,13 (Figura 20), y son variables en todo el testigo. Entre la base del testigo y la profundidad de 286 cm, se observan grandes variaciones de la relación P/Ch que oscila entre 0,10 y 0,83. Posteriormente entre la profundidad de los 286 y 124 cm se registran valores más altos y menos fluctuantes, entre 0,4 y 0,85, con un pico alto de 1,13. Finalmente, entre los 124 cm y el techo del testigo los valores de la relación P/Ch decrecen y oscilan entre 0,018 y 1,03, mostrando sólo un pico alto. Los sectores de menores valores comprendidos entre 500-286 cm y 124-0 cm coinciden con las zonas polínicas TB-PIa y TB-PII analizadas anteriormente, evidenciando un comportamiento inestable de la marisma posiblemente relacionado a la dinámica de un canal de mareas que fue migrando y no permitió la estabilización de marismas de *S. alterniflora*. Mientras que el sector de mayores índices P/Ch coincide con la zona polínica TB-PIb, evidenciando el desarrollo de planicies de marea más estables y amplias, colonizadas por *S. alterniflora*, en una posición más externa en el paleoestuario, que se ve reflejada también en el cambio granulométrico con una mayor proporción de arena media y gruesa (unidades litológicas TBL2, TBL3, TBL4 y TBL5).

V.3 Análisis de Correspondencia Destendenciado (ACD)

La relación entre las muestras de polen actuales (N=7) y el registro fósil del Testigo CTB (N=45), es representado en el ACD. Los dos primeros ejes (*eigenvalues*: 0,088 y 0,017) reflejan la mayor variabilidad del conjunto de datos (Figura 20 21.a). El primer eje (*eigenvalue*: 0,088) contrasta Chenopodiaceae con el resto de las variables: Bosque xerofítico, Hidrófilas, Asteraceae y Poaceae. El segundo eje (*eigenvalue*: 0,017) contrasta Poaceae con Bosque xerofítico, Chenopodiaceae, Hidrófilas y Asteraceae (Figura 21.a).

El ordenamiento espacial del ACD (Figura 21.b), indica que las muestras fósiles de la zona polínica TB-PII y algunas muestras de la subzona polínica TB-PIa tienen analogía con las

muestras actuales que representan la marisma media del Canal Tres Brazas (TA) y del Canal del Medio (CM) vegetadas por *S. alterniflora* y las planicies de marea media (TB, TC) y baja (TD y TE) sin vegetación del Canal Tres Brazas. La muestra que corresponde a la marisma de Villa del Mar, se ubica en el ACD alejada de todas las otras muestras, tanto del testigo fósil como de las superficiales actuales, corroborando la diferencia composicional del espectro polínico de esta marisma en comparación con las otras muestras analizadas. Por otra parte las muestras fósiles de las subzona polínica TB-PIb presentan menor similitud con las muestras actuales y están ubicadas aleatoriamente en el ACD en la parte superior derecha de la Figura 21.b.

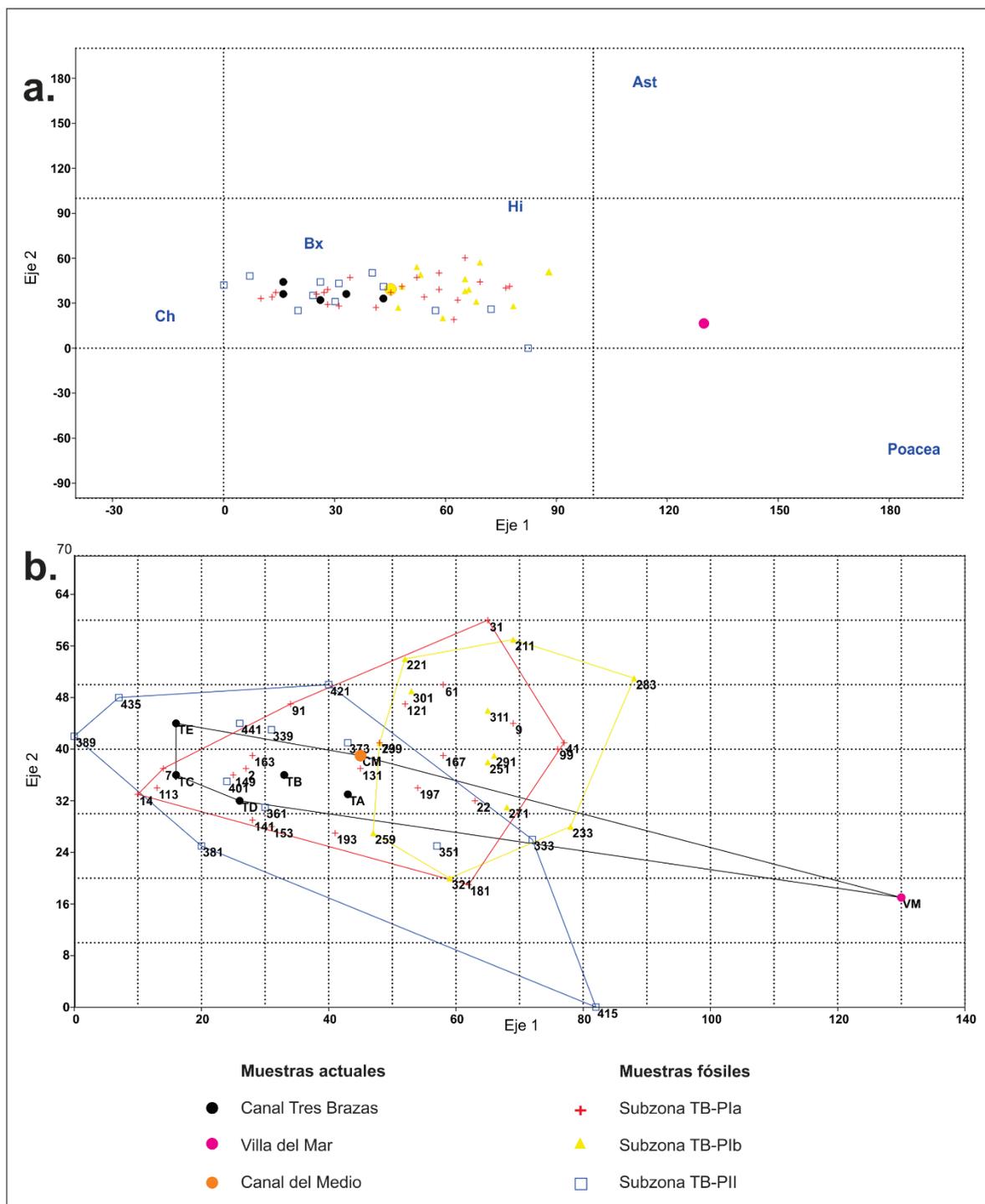


Figura 21. a) Marcación de las variables del polen. b) ACD combinando las muestras actuales de superficie y las muestras del Testigo fósil Canal Tres Brazas.

V.4 Análisis de Componentes Principales (ACP)

Basado en las frecuencias relativas de las muestras de polen actuales (N=7) y de las muestras del registro fósil del Canal Tres Brazas (N=45) se aplicó ACP sobre la matriz de datos

construida. La matriz se construyó con los tipos polínicos que tienen interés paleoambiental y/o paleoclimático, agrupando los que tienen características ecológicas (Tabla 15.a), mostrando 6 variables: Chenopodiaceae (Ch), Poaceae (Po), Asteraceae (As), Bosque xerofítico (Bx) e Hidrófilas (Hi) (Figura 22.a). La matriz resultante es de 52 muestras por 5 variables (Figura 21.b), obteniendo autovalores y autovectores, autocorrelaciones de cada componente con las variables y el producto de las observaciones estandarizadas por los autovectores para la matriz de datos. Las dos primeras componentes explican el 74% de la varianza del sistema, y agregando la tercera componente explica el 87% de la varianza del sistema.

Variable	Tipos Polínicos
Ch	Chenopodiaceae y <i>Gomphrena</i> .
Po	Poaceae.
As	Asteraceae subf. Asteroideae, Asteraceae subf. Mutisioideae, <i>Ambrosia</i> , Brassicaceae y Caryophyllaceae.
Bx	<i>Ephedra triandra</i> y <i>E. ochreatea</i> , Anacardiaceae, <i>Prosopis</i> , Rhamnaceae y Zygophyllaceae.
Hi	Cyperaceae, <i>Typha</i> , Iridaceae, <i>Potamogeton</i> , Apiaceae y Juncaginaceae.

CP	Eigenvalue	% varianza
1	2,46156	49,231
2	1,27512	25,502
3	0,647511	12,95
4	0,614802	12,296
5	0,00101139	0,020228

Tabla 15. a) Lista de tipos polínicos agrupados para el Testigo Canal Tres Brazas y las muestras actuales de la transecta del Canal Tres Brazas, de Canal del Medio y de Villa del Mar. b) Autovalores de la matriz de correlación y los valores de varianza total asociada con las CP en el orden de autovalores.

Las Figura 22.a y Figura 22.b corresponden a las variables con la métrica proyectada sobre los planos determinados por los pares de: Componente 1 vs Componente 2 y Componente 1 vs Componente 3.

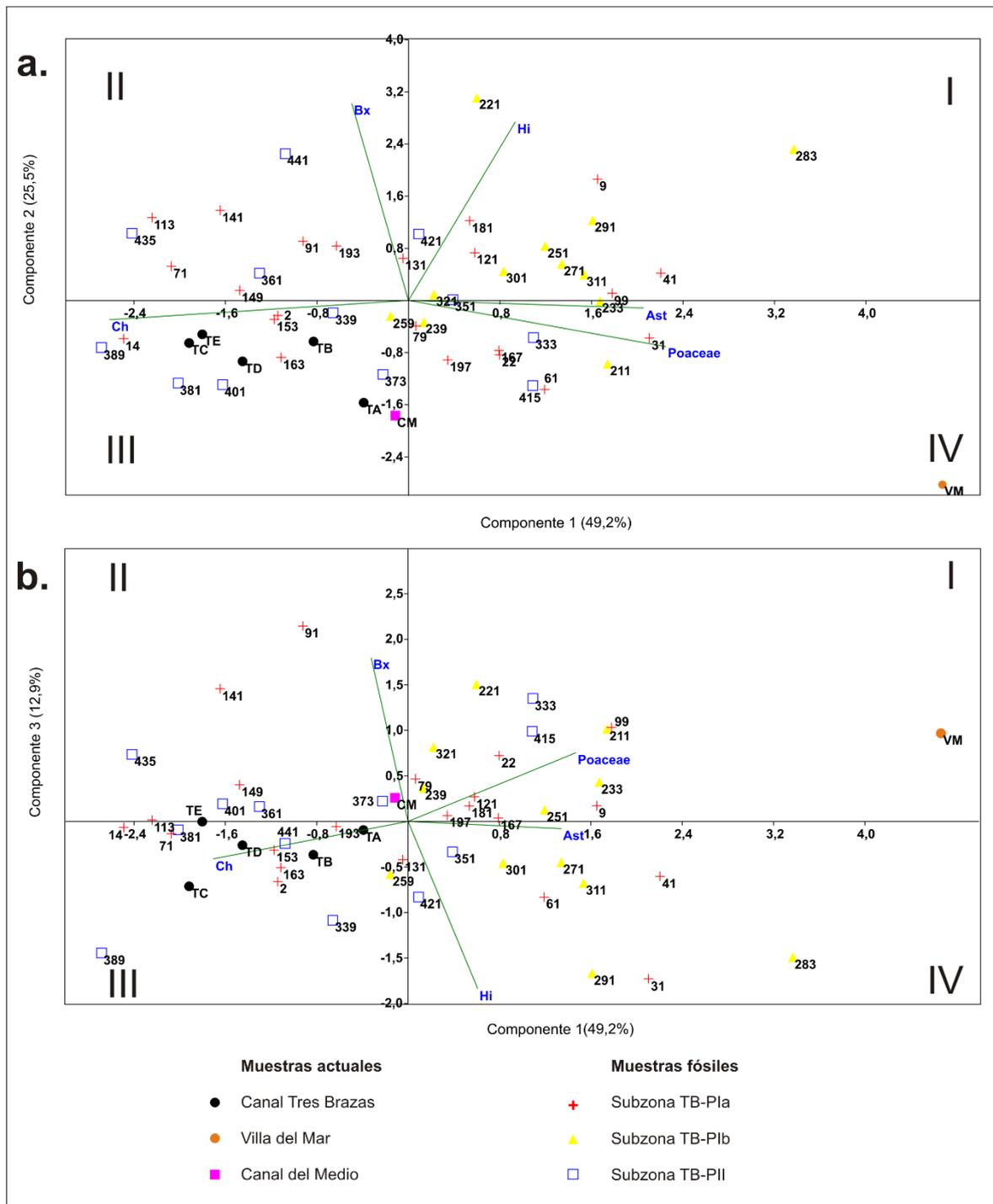


Figura 22. a) Representación de las muestras en el plano de las dos primeras componentes. b) Representación de las muestras en el plano de la primera y la tercera componente.

La CP1 tiene la mayor correlación positiva con Poaceae y en segundo término con Asteraceae. La mayor correlación negativa corresponde a Chenopodiaceae. En el eje 1, se agrupan las variables: Po-As que se contraponen en torno al eje 1 con Ch. La CP2 tiene alta correlación positiva con Bosque xerófito, en segundo término con Hidrófilas y correlación baja con Chenopodiaceae, Asteraceae y Poaceae. La CP3 tiene la mayor correlación positiva con Bosque

xerofítico, la mayor correlación negativa con Hidrófilas y correlación baja positiva con Poaceae y correlación negativa baja a nula con Chenopodiaceae y Asteraceae.

Como resultado del análisis de las primeras proyecciones (Componente 1 vs Componente 2, Figura 22.a) se generan dos grupos de variables diferenciadas entre sí por su significado paleoambiental. La primera componente muestra la oposición entre variables que representan condiciones locales de marismas estables de menor salinidad y menos aridez regional (Po-As) con la variable que representa condiciones de mayor salinidad local en subambientes estuarinos restringidos (Ch) y de mayor aridez regional (Ch-Bx). La primera componente refleja el desarrollo de las comunidades halófilas locales de *Spartina alterniflora* (Po) en las marismas de las zonas intermareales bajas a medias y con la presencia de Asteraceae. Asteraceae refleja la presencia local de comunidades vegetales de la costa, que están fuera del alcance de las mareas. A nivel regional junto con las Poaceae también podrían indicar el aporte de polen proveniente de las comunidades vegetales del ecotono pastizal-bosque xerofítico de Pampa Austral, siendo Poaceae y Asteraceae subf. Asteroideae los principales componentes de las muestras polínicas actuales provenientes de dichas comunidades de Pampa Austral (Tonello y Prieto, 2008, figs. 4.a y 4.c). Debe recordarse que el polen de Poaceae tiene una resolución taxonómica limitada, no permitiendo la identificación a un nivel por debajo de familia, lo que impide discernir si el polen pertenece a *Spartina* o a taxones herbáceos del ecotono pastizal-bosque xerofítico. La variable (Ch) refleja la presencia de las comunidades halófilas locales que se desarrollan sobre el intermareal alto (marismas de *Sarcocornia perennis*) y también la vegetación arbustiva halófila de suelos salinos en zonas más elevadas. A nivel regional también puede representar el *input* de polen de Chenopodiaceae proveniente de comunidades vegetales desarrolladas en suelos salinos de zonas semiáridas al oeste del estuario de Bahía Blanca (Tonello y Prieto, 2008, fig. 4.b). Las limitaciones en la interpretación de esta variable están dadas también por las características estenopalinológicas de Chenopodiaceae, que no permiten una diferenciación a nivel taxonómico inferior, al igual que ocurre con las Poaceae.

Las proyecciones del Bx opuestas sobre el Ch-Ast-Po (segunda componente; Figura 22.a) diferencian principalmente los grupos polínicos pertenecientes al Bosque xerofítico, que se desarrolla hacia el oeste del estuario, de los grupos polínicos propios de las comunidades locales halófilas del estuario, en los cuales predomina Chenopodiaceae, Poaceae y Asteraceae. En la proyección del Bx también se ubican las Hi que provendrían también de un aporte de la vegetación regional. En el caso de las especies arbóreas y arbustivas del Bx tienen una dispersión de polen limitada, porque los granos de polen no son transportados por el viento,

sino que la dispersión es entomófila, lo que origina una pobre representación polínica al alejarse de los sitios donde se desarrolla el Caldenal (Tonello y Prieto, 2008). Solamente *Ephedra* tiene dispersión anemófila con una buena dispersión polínica (Marcos y Mancini, 2011). Los tipos polínicos Ch-Ast-Po representan las marismas de *Sarcocornia perennis* de las zonas intermareales altas, las marismas de *Spartina alterniflora* de las franjas intermareales medias a bajas y los arbustales halófilos aledaños, ubicados por encima de la marea alta normal. La segunda componente reflejaría la variación en la influencia de la vegetación regional en contraposición a la representación de las comunidades vegetales locales.

Las proyecciones del Bx opuestas sobre el Hi (tercera componente; Figura 22.b) se interpretan como la diferencia entre los grupos polínicos pertenecientes al Bosque xerofítico, que se desarrolla hacia el oeste del sitio de estudio, en condiciones subhúmedas secas a semiáridas, y los elementos hidrófilos indicadores de la presencia de cuerpos de agua dulce o de condiciones de humedad regional. La tercera componente refleja la variación de la vegetación regional relacionada a diferentes condiciones de precipitación.

V.4.1 Caracterización de las muestras palinológicas en función de las CP

Análisis de las muestras en el plano de las primeras CP

La **primera componente** diferencia las muestras que representan condiciones locales de distinta salinidad y también probablemente separa las muestras que regionalmente corresponden a comunidades vegetales diferentes y que responden al gradiente de precipitaciones que caracteriza al sitio de estudio ubicado en el ecotono pastizal-bosque xerofítico (Figura 22.a). Los cuadrantes I y IV representan el desarrollo en áreas de mar abierto de las comunidades halófilas de *Spartina alterniflora* en las zonas intermareales bajas y medias (Po), con la presencia de las comunidades arbustivas de Asteraceae de la costa (As) y con aportes de polen de la vegetación de áreas inundadas o muy húmedas, o de cuerpos de agua dulce (Hi). En estos cuadrantes se encuentra la muestra actual de VM y las muestras fósiles: 211 a 333, excepto la 259 (subzona polínica TB-PIb), 351 y 415 (zona polínica TB-PII) y 9, 22, 31, 41, 61, 79, 99, 121, 167, 181, 197 (subzona polínica TB-PIa). Los cuadrantes II y III representan ambientes del estuario, más restringidos y con condiciones de alta salinidad, donde las comunidades halófilas locales (Ch) se desarrollan sobre el intermareal alto y el área costera contigua, y con el aporte de polen de la vegetación xerofítica que se asocia a condiciones subhúmedas secas a semiáridas regionales (Bx). En estos cuadrantes se encuentran las muestras

actuales de CM, TA, TB, TC, TD, TE con las muestras fósiles: 259 (subzona polínica TB-PIb), 339 a 441, excepto 315 y 415 (zona polínica TB-PII) y 2, 14, 71, 91, 113, 131, 141, 149, 153, 163 y 193 (subzona polínica TB-PIa).

La **segunda componente** diferencia las muestras indicadoras de influencia de polen de la vegetación xerofítica regional e hidrófila local/regional, de las muestras con menos aporte de polen xerofítico del Caldenal (Figura 20.). Los cuadrantes I y II representan las muestras relacionadas con más representación del Bosque xerofítico (Bx) desarrollado al oeste del estuario en condiciones climáticas subhúmedas secas a semiáridas. En estos cuadrantes se encuentran las muestras fósiles: 9, 41, 71, 91, 99, 113, 121, 131, 141, 149, 181 y 193 (subzona polínica TB-PIa); 221, 251, 271, 283, 291, 301, 311 y 321 (subzona polínica TB-PIb) y 351, 361, 421, 435 y 441 (zona polínica TB-PII). Los cuadrantes III y IV representan las muestras relacionadas con las comunidades halófilas locales (Ch-Po-Ast). En estos cuadrantes se encuentran todas las muestras actuales con las muestras fósiles: 14, 22, 31, 61, 79, 153, 163, 167, 197 (subzona polínica TB-PIa), 211, 233, 239 y 259 (zona polínica TB-PIb) y 333, 339, 373, 381, 389, 401 y 415 (zona polínica TB-PII). Todas las muestras actuales están reunidas en el sector que evidencia los mayores aportes de las comunidades halófilas locales y poca presencia de los elementos del Bx, compatible con el escaso input de polen que pueden recibir estos sitios del estuario considerando el tipo de dispersión entomófila del polen de las especies del Caldenal, con excepción de *Ephedra*. El registro fósil muestra variaciones en la representación de los elementos del Bosque xerofítico y las Hidrófilas.

La **tercera componente** diferencia el aporte de polen proveniente de comunidades vegetales de suelos húmedos (Hi) de la representación del polen del Bosque xerofítico de condiciones subhúmedas secas a semiáridas (Figura 22.b). Los cuadrantes I y II representan influencia regional del Bosque xerofítico (Bx), también es importante la baja correlación positiva con Poaceae (Po) para explicar la ubicación de las muestras. En estos cuadrantes se encuentran las muestras actuales VM y CM con las muestras fósiles: 9, 22, 79, 91, 99, 113, 141, 149, 167, 181 y 197 (subzona polínica TB-PIa); 211, 221, 233, 239, 251 y 321 (subzona polínica TB-PIb) y 333, 361, 373, 401, 415, 435 (zona polínica TB-PII). La muestra de CM es la ubicada más al oeste y más cercana al aporte del Bx y también tiene aporte de Po local originado por la presencia de parches de *Spartina*. La muestra TE es la de mayor aporte de Poaceae de toda la transecta lo que explicaría también su ubicación en el límite entre los cuadrantes II y III. Los cuadrantes III y IV representan mayor aporte de polen de comunidades vegetales de condiciones húmedas regionales (Hi) pero también de salinidad local (Ch). En estos cuadrantes se

encuentran todas las muestras actuales TA, TB, TC, TD (muy cercanas al eje y no muy alejadas de las muestras TE y CM) condicionadas por el escaso aporte de vegetación regional Hi de condiciones húmedas y por el dominio de Ch, con las muestras fósiles 2, 14, 31, 41, 61, 71, 131, 153, 163 y 193 (subzona polínica TB-PIa), 251, 259, 271, 283, 291, 301, 311 y 333 (subzona polínica TB-PIb) y 339, 351, 381, 389, 421 y 441 (zona polínica TB-PII).

Análisis de las muestras del Testigo Canal Tres Brazas para cada CP

A lo largo del testigo se observan tendencias que están ligadas al comportamiento de cada variable y a su vez de las familias vegetales que caracterizan cada una de las componentes. Estas tendencias están relacionadas con las zonas polínicas definidas en el análisis de los espectros polínicos de las muestras fósiles (Figura 23). Los tramos con valores positivos de la componente 1 reflejan condiciones de menor salinidad, más abiertas y estables, y posiblemente vinculadas a menor aridez regional. Las secciones o tramos con valores negativos reflejan condiciones de mayor salinidad, en ambientes más restringidos, dinámicos e inestables en el paleoestuario y también con condiciones subhúmedas secas a semiáridas.

La primera componente permite hacer la caracterización del testigo, basado en las condiciones de menor salinidad (valores positivos) y mayor salinidad (valores negativos). Las muestras correspondientes a la subzona polínica TB-PIa muestran oscilaciones en las condiciones de salinidad, posiblemente vinculadas a la inestabilidad de los paleoambientes en relación a variaciones del nivel medio del mar, predominando en la mitad inferior las condiciones de menor salinidad y en la mitad superior las condiciones de mayor salinidad. Los máximos de salinidad se registrarían en las profundidades: 486; 422 y 376 cm. Los mínimos de salinidad están en la sección media baja, en las profundidades de 466; 455 y 391 cm.

Las muestras correspondientes a la subzona polínica TB-PIb, muestran condiciones de menor salinidad, y más estables, posiblemente relacionadas a paleoambientes menos restringidos donde marismas de *Spartina alterniflora* se desarrollaron con un nivel del mar estable. Las muestras correspondientes a la zona polínica TB-PII, muestran condiciones de mayor salinidad, aunque con un pico que muestra valores bajos a los 40 cm de profundidad.

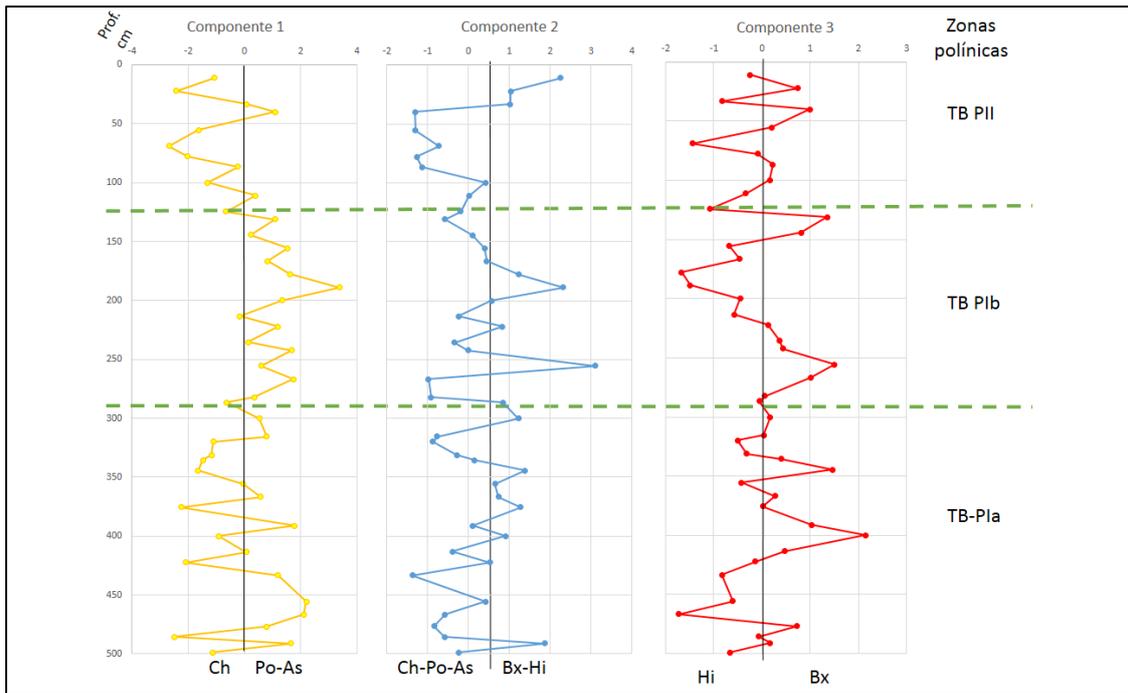


Figura 23. Análisis de las muestras del Testigo CTB en función de las tres componentes principales.

La segunda componente, en las muestras correspondientes a la subzona polínica TB-PIa manifiesta oscilaciones en toda la zona, reflejando las fluctuaciones en la representación del polen de la vegetación regional. En las profundidades de los 344; 376 y 491 cm se evidencian picos de aportes de elementos del bosque xerofítico y polen hidrófilo.

Las muestras correspondientes a la subzona polínica TB-PIb, muestran condiciones de aportes del polen regional (Bx e Hi) oscilantes; pero con dos máximos importantes.

Las muestras correspondientes a la zona polínica TB-PII, muestran una gran variación, finalizando con un aporte importante del polen de comunidades xerofíticas e hidrófilas regionales.

La tercera componente permite valorar o discernir el aporte regional indicado por la componente 2, diferenciando la representación del Bx (aunque también Po acompañe a esta variable) en contraposición a la representación de las Hi, como es en el caso de los dos máximos de la subzona TB-PIb. Los mayores aportes de Hi se dan entre los 475 y 425 cm de profundidad de la subzona TB-PIa y entre los 225 y 150 cm de profundidad de la subzona TB-PIb (segundo máximo registrado en la componente 2). Ésto reflejaría la presencia de condiciones húmedas regionales y posiblemente mayor actividad fluvial que está permitiendo el input de polen al sitio de estudio en el estuario para esos dos intervalos de tiempo.

V.5 Descripción de los espectros de dinoquistes y otros palinomorfos no polínicos (PNPs)

En el Testigo CTB se registraron 16 especies de dinoquistes, 4 tipos de acritarcos, 4 tipos de algas clorofíceas, 2 tipos de cianobacterias y 3 tipos de elementos del zooplancton marino. El diagrama de porcentajes relativos está representado en la Figura 24. Se establecieron dos zonas palinológicas: TB-DI, TB-DII y dos subzonas TB-DIa y TB-DIb, a partir del análisis de agrupamiento (*Cluster Analysis*). Los espectros no polínicos de toda la sección están dominados por los dinoquistes fototróficos.

En la zona TB-DI; se identifican dos subzonas:

Subzona TB-DIa (500-251 cm): se caracteriza por presentar las mayores proporciones de dinoquistes de especies heterotróficas (<35%), aunque dominan los dinoquistes de especies fototróficas (36-74%), acompañados por los acritarcos (\leq 35%). *Operculodinium centrocarpum* domina el espectro de dinoquistes fototróficos, alcanzando en esta zona los valores máximos, hasta el 55%. *Melitasphaeridium choanophorum* está presente en bajos porcentajes (\leq 1%). Los dinoquistes heterotróficos presentan fluctuaciones en todas la subzona, dominan los espectros *Brigantedinium simplex* (15%) y “Round brown” (20%). Otros dinoquistes heterotróficos registrados son: *Selenopemphix quanta* (<1%), *Islandinium minutum* (<1%) y *Brigantedinium cariacense* (<4%) presentando bajas proporciones. Los acritarcos están representados por *Mychristridium* sp. (<13%), *Cymatiosphaera* sp. (\leq 21%) y Acritarcos spp. (<14%). Las algas clorofíceas están representadas por *Botryococcus braunii* (<1%), *Pediastrum boryanum* (<2%) y Zygnemataceae (<9%). Las cianobacterias están representadas por acinetos y heterocistos. Los elementos del zooplancton están representados por huevos de crustáceos (\leq 10%) y *linings* de foraminíferos (\leq 18%). La concentración de los dinoquistes es variable (150 a 5.548 dinoquistes/g), alcanzando los valores máximos.

Subzona TB-DIb (251-74 cm): las proporciones de los dinoquistes de especies heterotróficas disminuyen (\leq 16%) y aumentan levemente las proporciones de los dinoquistes de especies fototróficas (32-78%) y acritarcos (4-40%). *Operculodinium centrocarpum* domina el espectro de dinoquistes fototróficos alcanzando hasta el 38%. *Spiniferites* cf. *pachydermus* está presente alcanzando en la base de la subzona las mayores proporciones de todo el testigo (3-26%).

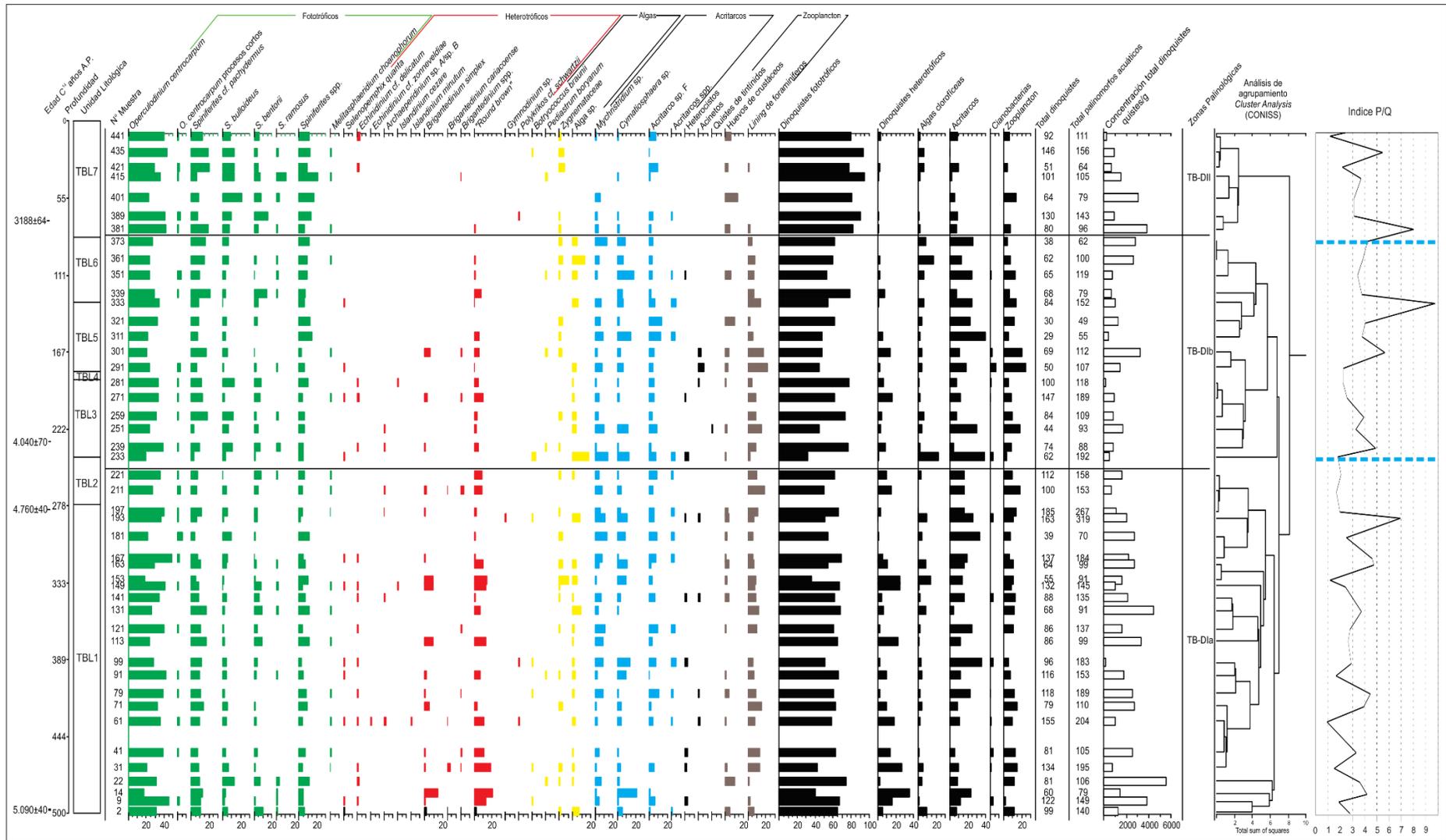


Figura 24. Diagrama de frecuencias relativas de los dinoquistes, algas clorofíceas, acritarcos y elementos del zooplancton del Testigo Canal Tres Brazas. Edades ^{14}C . Unidades litológicas. Suma de dinoquistes. Suma de PNs acuáticos. Concentración total de dinoquistes. Zonas palinológicas de acuerdo al análisis de agrupamiento CONISS. Relación P/Q.

Los acritarcos presentan los valores más altos de todo el registro, están representados por *Mychristridium* sp. ($\leq 15\%$) y *Cymatiosphaera* sp. ($\leq 18\%$) y Acritarcos spp. ($\leq 19\%$). Las algas clorofíceas y los elementos del zooplancton presentan las mayores proporciones. Estos últimos representados principalmente por *linings* de foraminíferos. La concentración de los dinoquistes es variable (107 a 3.237 dinoquistes/g).

Zona TB-DII (74-0 cm): en esta zona se presentan las mayores frecuencias de dinoquistes de especies fototróficas (78-95%), acompañado por las menores frecuencias en acritarcos ($< 9\%$) y en menor proporción dinoquistes de especies heterotróficas ($< 3\%$). *Operculodinium centrocarpum* domina el espectro de dinoquistes fototróficos, alcanzando hasta el 42%. *Spiniferites bulloideus* (22%), *S. bentorii* (15%) y *S. ramosus* (10%) están presentes alcanzando los máximos valores. Los dinoquistes heterotróficos están representados por *Echinidinium* cf. *delicatum* ($\leq 3\%$) y *Polykrikos* cf. *schwartzii* ($< 1\%$). Los acritarcos presentan los menores valores de todo el registro, se conservan las mismas especies encontrados en las otras subzonas. Las algas clorofíceas están presentes en la parte superior de la zona, con bajas proporciones. Los huevos de crustáceos presentan los mayores valores (13%) y los *linings* de foraminíferos (2%) se registran en sólo dos muestras. La concentración de los dinoquistes es variable (212 a 3.821 dinoquistes/g).

V.6 Relación Polen/Dinoquistes (P/Q)

Los valores del índice de relación P/Q a lo largo de todo el Testigo CTB son fluctuantes; oscilan entre 0,9 y 9,73; indicando que el polen predomina sobre los dinoquistes (Figura 24). Entre los 500 y los 255 cm de profundidad (subzonas TB-PIa y TB-DIa), el índice P/Q presenta valores bajos, que varían entre 1 y 4,5 con sólo un valor máximo de 6,9 que supera este rango, y sólo un valor inferior a 1 (0,9 a los 433 cm de profundidad), indicando mayores proporciones de polen que de dinoquistes para toda esta sección. Entre los 255 cm de profundidad y el tope del testigo el índice P/Q presenta valores altos que oscilan entre 1,17-9,73, presentando los valores máximos (8 y 9,73). En la profundidad de los 22 cm, se observa un punto bajo en el índice P/Q (1,17). Casi todos los valores son mayores a 1, lo que indica el predominio del aporte continental sobre el aporte marino a lo largo del testigo.

V.7 Discusión

Los espectros polínicos del Testigo CTB evidencian el desarrollo de comunidades halófilas de Chenopodiaceae (que representa posiblemente a *Sarcocornia perennis*) y Poaceae (que representa a *S. alterniflora*) en ambientes de marismas, y la presencia de arbustales de Asteraceae subf. Asteroideae en zonas más altas circundantes a las marismas. La correspondencia de los espectros polínicos obtenidos en la secuencia del testigo con los obtenidos en las muestras actuales del Canal Tres Brazas y del Canal del Medio, como se muestra en el ACD presentado en la sección 3 de este capítulo, indica que las comunidades halófilas colonizaron ambientes de marisma alta y marisma media-baja. La presencia de elementos del Bosque xerofítico (Caldenal), representado por *Prosopis*, *Ephedra triandra*, *E. ochreatea* y *Schinus* evidencia la vegetación del ecotono.

El análisis sedimentológico de la secuencia indica la acción de procesos depositacionales costeros influenciados por acción de las mareas. En las unidades TBL1, TBL3 y TBL5, están presentes laminaciones que evidencian que los procesos sedimentarios actuantes para la zona polínica TB-PI están vinculados con ambientes de energía oscilantes por acción de las mareas.

Las mayores proporciones de dinoquistes heterotróficos en los ensambles de la subzona palinológica TB-DIa, permiten interpretar que el estuario entre los 5.090 ± 40 ^{14}C años A.P. (5.809 cal. años A.P.) y los 4.760 ± 46 ^{14}C años A.P. (5.456 cal. años A.P.) presentó influencia de descargas fluviales, que procedían posiblemente de los grupos de drenaje I y II concentrados en la Depresión Chasicó-Salinas Chicas (Melo *et al.*, 2003). Esta influencia fluvial habría sido moderada en el sitio de estudio, como se deduce de las menores proporciones de dinoquistes heterotróficos en comparación con las frecuencias alcanzadas en las estaciones sts 34 y 32 de la transecta de El Rincón. En esas estaciones cercanas a la costa, con profundidades menores a 50 m, y aguas de baja salinidad con aportes de agua del río Negro, los heterotróficos alcanzan abundancias relativas más altas del 55 al 75 % (Capítulo IV: Figura 19). Los dinoquistes heterotróficos *Selenopemphix quanta*, *Echinidinium* spp. y *Brigantedinium* spp., son encontrados en regiones costeras (Pospelova y Kim, 2010), con influencia de descargas fluviales o con influencia de surgencias (*upwelling*), en aguas ricas en nutrientes y salinidades altas (Zonneveld *et al.*, 2013).

Entre los dinoquistes fototróficos registrados, *Melitasphaeridium choanophorum* es considerada una especie endémica, componente importante de las asociaciones de dinoflagelados en sedimentos marinos del Mioceno medio y que fue registrada recientemente en sedimentos superficiales actuales en el Golfo de México (Limoges *et al.*, 2013),

caracterizados por estar depositados en ambientes de aguas superficiales cálidas (Head, 1997). Esta especie que ocurre hasta el Mioceno tardío en los depósitos neógenos de Cuenca del Colorado, norte de Patagonia (Guler y Guerstein, 2003), es registrada en el testigo CTB, entre los 5.090 ± 40 ^{14}C años A.P. (5.809 cal. años A.P.) y los 3.188 ± 64 ^{14}C años A.P. (3.361 cal. años A.P.). También está presente en los sedimentos intermareales actuales de Villa del Mar y Canal del Medio, estuario de Bahía Blanca. Las mayores temperaturas del agua de mar durante el Hipsitermal u Óptimo Climático (entre los *ca.* 6.000 y los 4.500 años A.P.) posiblemente permitieron la proliferación y expansión de esta especie de dinoflagelado en El Rincón, después de haber permanecido como relictual desde el Mioceno y quedando como endémica en el área. Una situación similar ha sido analizada para algunas especies de moluscos que sobrevivieron el clima frío del Pleistoceno, permaneciendo en el norte de Patagonia desde las condiciones cálidas del Mioceno (Bayer *et al.*, 2014). Justamente El Rincón presenta en la actualidad condiciones oceanográficas particulares, donde las corrientes son débiles en relación a las de plataforma media, lo que genera un área que ha sido asociada a un patrón de circulación local.

La subzona TB-PIa, datada en la base en 5.090 ± 40 ^{14}C años A.P. (5.809 cal. años A.P.) y en la parte superior en 4.760 ± 40 ^{14}C años A.P. (5.456 cal. años A.P.) y correspondiente a la unidad litológica TBL1, permite inferir la presencia de las comunidades halófilas de Chenopodiaceae, Poaceae y de los arbustales de Asteraceae subf. Asteroideae en una marisma media a alta. El análisis de la componente 1 del ACP muestra que las condiciones de salinidad fueron variables con intervalos de altos valores de salinidad ligados a una posición restringida, interna del paleoestuario. Los valores oscilantes de las frecuencias de Chenopodiaceae, Poaceae y Asteraceae subf. Asteroideae, y de la relación P/Ch, también sugieren inestabilidad en las condiciones ambientales posiblemente vinculadas a las condiciones propias de la dinámica de un ambiente intermareal en un canal interno y a las oscilaciones en el nivel relativo medio del mar. Las mayores proporciones de esporas fúngicas, en concordancia con los mayores aportes de polen de hidrófilas indicados por el análisis de las componentes 2 y 3 del ACP, podrían estar indicando intervalos de mayor humedad regional y la influencia de los aportes fluviales presentes en el estuario en este lapso de tiempo. Los espectros de dinoquistes y PNP para la subzona TB-D1a permiten inferir condiciones estuarinas en subambientes caracterizados por un aporte moderado de nutrientes procedentes de corrientes fluviales, que son inferidas por la presencia de dinoquistes fototróficos y heterótrofos, con la particularidad que presentan las mayores frecuencias de especies heterotróficas de todo el registro. Los dinoquistes fototróficos: *Operculodinium centrocarpum*, *Spiniferites* spp., *Melitasphaeridium choanophorum* y los

dinoquistes heterotróficos: *Selenopemphix quanta*, *Echinidinium cf. delicatum*, *Echinidinium* sp, *Brigantedinium simplex*, *B. cariaecoense* y *Polykrikos schwartzii*, se distribuyen en zonas costeras con variaciones de salinidad (entre 17 y 37 ‰), con influencia de descargas fluviales y alta productividad (Zonneveld *et al.*, 2013). Particularmente *Operculodinium centrocarpum* y *Spiniferites ramosus*, que están presentes en todo el registro, son consideradas especies cosmopolitas encontradas en ambientes costeros y ricos en nutrientes. En este lapso de tiempo se presenta un comportamiento fluctuante en las proporciones de los dinoquistes heterotróficos, que podría estar relacionado con cambios en el contenido de nutrientes vinculados a varios eventos de aporte fluvial. Las frecuencias variables de los acritarcos, son también indicadoras de variaciones en el aporte de agua dulce en la zona submareal e intermareal de ambientes estuarinos (Dotzler *et al.*, 2007), como se observa en las muestras superficiales de El Rincón, que evidencian la presencia del ingreso de agua desde la desembocadura del río Negro. La influencia de las descargas fluviales en este lapso del tiempo coincide con las interpretaciones de Espinosa e Isla (2011) que explican la mayor proporción de diatomeas de agua salobre/dulce registradas a los 4.720±40 años en el Testigo San Blas como originadas por un aporte de agua dulce al paleocanal de mareas. El registro de *Heleobia australis* en el testigo CTB a los 4.760±46 ¹⁴C años A.P. (5.456 cal. años A.P.), también indica ambientes intermareales, debido a que actualmente esta especie está restringida a zonas intermareales de lagunas costeras y de estuarios o albuferas (Aguirre y Farinati, 2000), como es el caso del estuario de Bahía Blanca (Fiori y Carcedo, 2011). En el estudio de indicadores múltiples realizado para el estuario del Río de la Plata por Mourelle *et al.* (2015), se estima que la presencia de esporas de briofitas como *Phaeoceros*, *Anthoceros* y Ricciaceae, sugiere la ocurrencia de agua de escorrentía transportada desde el área interior del estuario, lo cual puede ser aplicado en nuestro sitio de estudio. Los procesos depositacionales que reflejan ambientes de energía inestable y oscilante también se ven reflejados en los cambios en la concentración polínica de la subzona TB-PIa que varía entre 143 y 5.491 granos/g, alcanzando en la base los mayores valores de concentración, los que disminuyen hacia el tope de esta zona. Los cambios de concentración de polen, podrían estar relacionados no sólo con cambios en la tasa de sedimentación sino también con las variaciones del aporte fluvial, como lo muestra la subzona TB-DIa; caracterizada por presentar las mayores proporciones de dinoquistes heterotróficos de toda la secuencia.

La subzona TB-PIb, datada en la base en 4.760±40 ¹⁴C años A.P. (5.456 cal. años A.P.), formada por las unidades litológicas TBL2, TBL3, TBL4 y TBL5, también representa ambientes con variaciones en los niveles de energía, posiblemente controlado por acción de las

mareas que originaron laminaciones en los sedimentos. Los espectros polínicos muestran disminución de Chenopodiaceae, aumento de Poaceae y Asteraceae subf. Asteroideae, que podrían estar relacionados con el cambio de las comunidades halófilas de las marismas, con mayor desarrollo de *Spartina alterniflora* en la marisma media a baja. La colonización de marismas de *S. alterniflora* se correlaciona con los cambios sedimentológicos registrados. En particular, un aumento de fracciones más gruesas indica condiciones de mayor energía posiblemente vinculado al cambio a una posición más externa del sitio de estudio en el paleoestuario. De acuerdo a [Melo et al. \(2003\)](#), las primeras islas del estuario de Bahía Blanca habrían comenzado a aflorar entre los 4.500-5.000 años A.P. durante el evento regresivo. La presencia de pequeños cuerpos de agua dulce a salobre es evidenciada por el desarrollo de Cyperaceae y de otras plantas hidrófilas. Los espectros de dinoquistes y otros palinomorfos no polínicos para la subzona TB-D1b permiten inferir condiciones estuarinas caracterizadas por presentar una disminución en el aporte fluvial y del contenido de nutrientes, con mayor estabilidad en el nivel relativo medio del mar. Los dinoquistes fototróficos considerados en su totalidad presentan un ligero decrecimiento en las frecuencias, aunque *Spiniferites* spp., presenta un leve aumento. Los dinoquistes heterótrofos que representan ambientes costeros asociados a alta productividad presentan una leve disminución; las asociaciones de esta subzona comprenden especies como *Selenopemphix quanta*, *Echinidinium* cf. *delicatum*, *Echinidinium* sp. y *Brigantedinium simplex*. El aumento en los valores de acritarcos, se puede relacionar con el aumento de la salinidad del agua de mar, con menor *input* fluvial y en condiciones más abiertas. Ésto se deduce por comparación con los registros obtenidos en las muestras superficiales de El Rincón, que muestran mayores frecuencias de acritarcos en la zona caracterizada por tener valores de salinidad que oscilan de 33,7 a 34 ‰, mientras que están ausentes o en menores proporciones en la franja costera con valores de salinidad menores, y en aguas estratificadas del frente de plataforma (Capítulo IV, Figuras 17 y 19). En la subzona TB-PIb, las concentraciones polínicas varían entre 130 y 3.138 granos/g, con un comportamiento fluctuante, pero no alcanzan valores muy altos. Una tasa de sedimentación más alta y un aumento en el tamaño de grano, en relación a la subzona TB-PIa anterior, podría explicar los valores más bajos en la concentración polínica. Las fluctuaciones en las concentraciones polínicas reflejan además variaciones en las tasas de sedimentación. Posiblemente la influencia fluvial disminuyó en el sitio de estudio, como lo muestran los espectros palinológicos de la subzona TB-DIb, que se caracterizan por presentar una disminución en las proporciones de dinoquistes heterotróficos.

La zona TB-P11 datada en la parte inferior en 3.188 ± 64 ^{14}C años A.P. (3.361 cal. años A.P.), formada por las unidades litológicas TBL6 y TBL7, representa ambientes con condiciones de depositación de menor energía y más estables. Los espectros polínicos evidencian el desarrollo de comunidades halófilas en una marisma alta; con un aumento de la salinidad indicado por el incremento en *Chenopodiaceae* (de 45% a 62%) mostrando una posible expansión de suelos salinos colonizados por *Sarcocornia* entre otras halófilas. Los elementos del Bosque xerofítico están presentes en menor proporción, indicando posiblemente una mayor expansión de la vegetación halófila local (Ch, Po, As) y menor representación del ecotono Pastizal pampeano - Bosque xerofítico, como lo muestra la componente 2 del ACP. La presencia y el incremento de esporas de briofitas y pteridofitas, así como de *Glomus* y otras esporas fúngicas reflejan mayores condiciones de humedad. La presencia de plantas hidrófilas y frecuencias de las algas clorofíceas, que aumentan levemente hacia la parte superior, evidencian el desarrollo de pequeños cuerpos de agua dulce en la región cercana al sitio de estudio. Los espectros de dinoquistes y otros PNP para la zona TB-D11 sugieren menor contenido de nutrientes en el paleoestuario, debido a la presencia de dinoquistes fototróficos en altos porcentajes y de dinoquistes heterótrofos en bajas proporciones. Las asociaciones de esta zona están formadas principalmente por dinoquistes fototróficos: *Spiniferites bulloideus*, *S. bentorii*, *S. ramosus*, y *S. cf. pachydermus* que representan ambientes estuarinos de aguas templadas (Zonneveld *et al.*, 2013). La presencia de acritarcos y los elementos del zooplancton reflejarían condiciones subambientales de una zona submareal a intermareal. Estas condiciones son soportadas por la sedimentología, que corresponde a la unidad litológica TBL7, formada por un paquete masivo, que se habría depositado en un ambiente de energía estable, que permitió la sedimentación de arena muy fina limosa y homogénea. Las concentraciones polínicas de la zona TB-P11, no son fluctuantes, aumentan hasta alcanzar un valor máximo de 3.806 granos/g, y posteriormente muestran una disminución gradual hasta llegar al tope del testigo con el valor mínimo (212 granos/g). El cambio gradual en las concentraciones también se puede relacionar con la tendencia del ambiente depositacional a tener una sedimentación cada vez más rápida y con ausencia de *input* fluvial, como se ha interpretado con el análisis de los espectros palinológicos de la zona TB-D11, caracterizados por presentar bajas proporciones de dinoquistes heterotróficos.

Por todo lo expuesto, los sedimentos del Testigo CTB datados en la base en 5.090 ± 40 ^{14}C años A.P. (5.809 cal. años AP) se habrían depositado en marismas y planicies asociadas a canales de marea formados en una zona media-interna del estuario, lo que sugiere que el NMM en ese

momento estaría ligeramente por debajo del NMM actual. Debe tenerse en cuenta que no puede leerse esa ubicación del NMM directamente sobre la cota batimétrica a la que se encuentra la secuencia estudiada por la incertidumbre relativa al rango de mareas del área en el pasado (actualmente éste varía entre los 2,5 m y los 5 m en el estuario de Bahía Blanca dependiendo de la geometría del subambiente) y también por la incertidumbre respecto a la porción de la zona intermareal correspondiente a los depósitos estudiados.

Recientemente, [Pratolongo et al. \(2016a\)](#) analizaron depósitos aterrizados a lo largo del margen oeste del estuario de Bahía Blanca. Las características de los sedimentos del nivel aterrizado inferior (planicie de marea reciente: RMP, en dicho trabajo) ubicado a 2 m por encima del NMM fueron analizadas mediante un testigo (RMP) obtenido a sólo unos 10 km al noroeste de la secuencia CTB. Los sedimentos del testigo RMP son correlacionables, por sus características sedimentológicas, y por una de sus dataciones, con los sedimentos de la secuencia del testigo CTB aquí analizados. Esta correlación sugiere un origen común para estos depósitos que se habrían originado bajo condiciones de un NNM relativamente estable durante su fase regresiva, y que permitió la progradación de las planicies de marea en el estuario interno de Bahía Blanca durante el Holoceno medio, en un intervalo previo a un nuevo descenso de unos 3 m ocurrido a los *ca.* 3.000 años A.P.

VI. TESTIGO KP60BIS

Introducción

El Testigo KP60BIS fue obtenido en el área externa del estuario de Bahía Blanca (39°08'34,8689" S - 61°46'10,0278" O). Su secuencia representa depósitos submarinos estratificados con una extensión regional como lo muestran los estudios batimétricos y de sonar de barrido lateral realizados por [Gómez y Perillo \(1995\)](#). Estos depósitos se extienden en todo el sector exterior al estuario de Bahía Blanca y a lo largo del canal de acceso al sistema portuario y de ellos fueron obtenidos varios testigos entre los que se cuenta el KP60BIS que se obtuvo a una profundidad de 11,4 m.

VI.1 Sedimentología

El testigo muestra cuatro unidades litológicas (Capítulo II: Figura 12, Tabla 6). Sobre la unidad basal KPL1 delgada, de color verde claro y granulometría areno-limosa y limo-arenosa, se dispone en contacto neto la unidad KPL2. Esta unidad tiene pocas variaciones granulométricas, con excepción de algunos niveles de conchillas muy fragmentadas, indicando ambientes de depositación en general estables, mientras que las unidades KPL3 y KPL4 tienen frecuentes intercalaciones de limos arenosos y arenas limosas indicando períodos de oscilación de la energía de los ambientes depositacionales. Desde la base de la unidad KPL2 hay una tendencia granocreciente general con disminución de las proporciones de limo y un aumento en la composición de arena media a fina.

VI.2 Descripción de los espectros polínicos

Los espectros polínicos del Testigo KP60BIS están formados por 22 tipos de polen, registrándose además 4 tipos de esporas de briofitas, 2 tipos de esporas de pteridofitas y 3 tipos de esporas fúngicas. Los tipos de polen identificados fueron: Chenopodiaceae, *Gomphrena*, Poaceae, Asteraceae subf. Mutisioideae, *Chuquiraga*, Asteraceae subf. Asteroideae, *Ambrosia*, Caryophyllaceae y Brassicaceae. El Bosque xerofítico está representado por *Ephedra triandra*, *E. ochreatea*, *Prosopis*, *Schinus* y Zygophyllaceae. Las hidrófilas incluyen: Cyperaceae, *Typha* y Apiaceae. Asteraceae subf. Cichorioideae, Convolvulaceae, Lamiaceae, *Frankenia* y *Plantago* se agrupan en Otras hierbas. Briofitas/Pteridofitas incluye *Phaeoceros laevis*, *P. bulbiculosus*, *P. tenuis* y *Phaeoceros* sp., *Pellaea* y Polypodiaceae. Además, están presentes

Epicoccum, *Alternaria*, *Glomus* y esporas fúngicas multicelulares indeterminadas. Los invertebrados continentales están representados por huevos de *Neorhabdocoela* (turbelarios).

El análisis de agrupamiento (CONISS) permitió dividir el registro polínico en dos zonas polínicas: KP60BIS-PI y KP60BIS-P II. El diagrama de porcentajes relativos y las zonas polínicas están representados en la Figura 25.

Para la muestra de la base (KP60-79), a una profundidad de 400 cm, la suma polínica alcanzada fue muy baja y se descartó de los análisis estadísticos realizados. La muestra presenta altos valores de Asteraceae subf. Asteroideae (14%), Asteraceae subf. Mutisioideae (14%), *Ambrosia* (14%) y Cyperaceae (21%). Por el contrario, están ausentes Poaceae, *Typha* y otros tipos polínicos presentes en los restantes espectros polínicos del testigo.

Zona KP60BIS-PI (400-305 cm): está caracterizada por el dominio de Chenopodiaceae con un promedio de 70% (62-87%) acompañada por Asteraceae subf. Asteroideae con un promedio de 11% (2-21%) y Poaceae con un promedio de 6% (3-11%). En menores proporciones se registran *Gomphrena*, presente sólo en cinco espectros polínicos ($\leq 1\%$), Asteraceae subf. Mutisioideae presente en toda la zona polínica ($< 4\%$), *Chuquiraga* presente sólo en dos muestras de la parte media ($< 1\%$), *Ambrosia* presente en la parte inferior de la zona polínica ($\leq 1\%$), Caryophyllaceae en la parte superior de la zona polínica ($< 1\%$), Brassicaceae se encuentra en tres muestras ($< 1\%$) y Otras hierbas presentes sólo en una muestra ($< 1\%$). El Bosque xerofítico está representado por *Ephedra ochreatea* ($< 5\%$), y por otros elementos ($\leq 2\%$). Los tipos hidrófilos incluyen *Typha* ($< 5\%$), presente en todas las muestras y Cyperaceae ($< 5\%$), registrado sólo en la parte inferior de la zona. Las esporas de Briofitas/Pteridofitas están presentes en dos muestras; una en la parte superior y otra en la parte inferior ($< 1\%$). *Alternaria* ($\leq 1\%$) está presente en dos muestras en la base de la zona polínica. *Glomus* ($< 2\%$) y *Neorhabdocoela* ($< 2\%$) están presentes en una muestra de la parte media de la zona polínica. La concentración polínica total es variable (195 a 2.763 granos/g).

Zona KP60BIS-P II (305-0 cm): las frecuencias de Chenopodiaceae se hacen más variables (44-82%), aunque mantienen el mismo valor promedio de 70%, acompañadas por la disminución leve en las proporciones de Asteraceae subf. Asteroideae con un promedio de 10% (5-19%) y por un aumento de Poaceae alcanzando un promedio de 11% (3-25%). *Ambrosia* sólo ocurre en algunas muestras y presenta un leve aumento en la parte superior ($< 6\%$). En menores proporciones están presentes Asteraceae subf. Mutisioideae ($< 3\%$) y siguen presentes *Ephedra ochreatea* ($< 2\%$) y otros elementos del Bosque xerofítico ($< 2\%$). Aparecen en la parte superior *Ephedra triandra* ($< 3\%$) y *Prosopis* ($< 1\%$). *Gomphrena*, *Chuquiraga*,

Caryophyllaceae, Brassicaceae y Otras hierbas sólo se registran en algunas muestras en bajas proporciones. Están presentes en toda la zona los tipos hidrófilos: Cyperaceae, alcanzando los valores más altos ($\leq 8\%$) y *Typha* ($< 6\%$), y en algunas muestras y en bajas proporciones Apiaceae ($< 1\%$). Aumenta la presencia de esporas de Briofitas/Pteridofitas ($\leq 2\%$) y de esporas fúngicas *Alternaria* ($\leq 1\%$), *Glomus* ($< 7\%$) y otras esporas fúngicas indeterminadas ($< 2\%$) y también se elevan los valores de Neorhabdocoela ($< 7\%$). La concentración polínica total es variable (192 a 3.169 granos/g).

VI.2.1 Relación Poaceae/Chenopodiaceae (P/Ch)

Los valores del índice a lo largo de todo el Testigo KP60BIS oscilan entre 0,031 y 0,56 (Figura 25). Entre 400 y 310 cm de profundidad, en la parte inferior del testigo (KP60BIS-PI), se observan los menores valores con bajas fluctuaciones en la relación P/Ch (0,031-0,14). Entre 310 y 210 cm de profundidad se determinan mayores valores y con grandes fluctuaciones de la relación P/Ch, que varía entre 0,047 y 0,328. Entre 210 y 50 cm de profundidad (KP60BIS-PII), se registran valores intermedios y con altas fluctuaciones en este índice, que varía entre 0,039 y 0,221. Desde los 50 cm de profundidad hasta el tope del testigo los valores de P/Ch son altos y muy variables, entre 0,113 y 0,562. Los cambios encontrados en la relación P/Ch a lo largo del testigo, indican períodos de mayor estabilidad ambiental y menor salinidad que ocurrieron en las marismas y que se infieren entre 250 y 210 cm de profundidad (previo a los ca 2.000 años ^{14}C A.P.) y en la parte superior comprendida entre los 50 cm y el tope (posterior a los ca. 2.000 años ^{14}C A.P.).

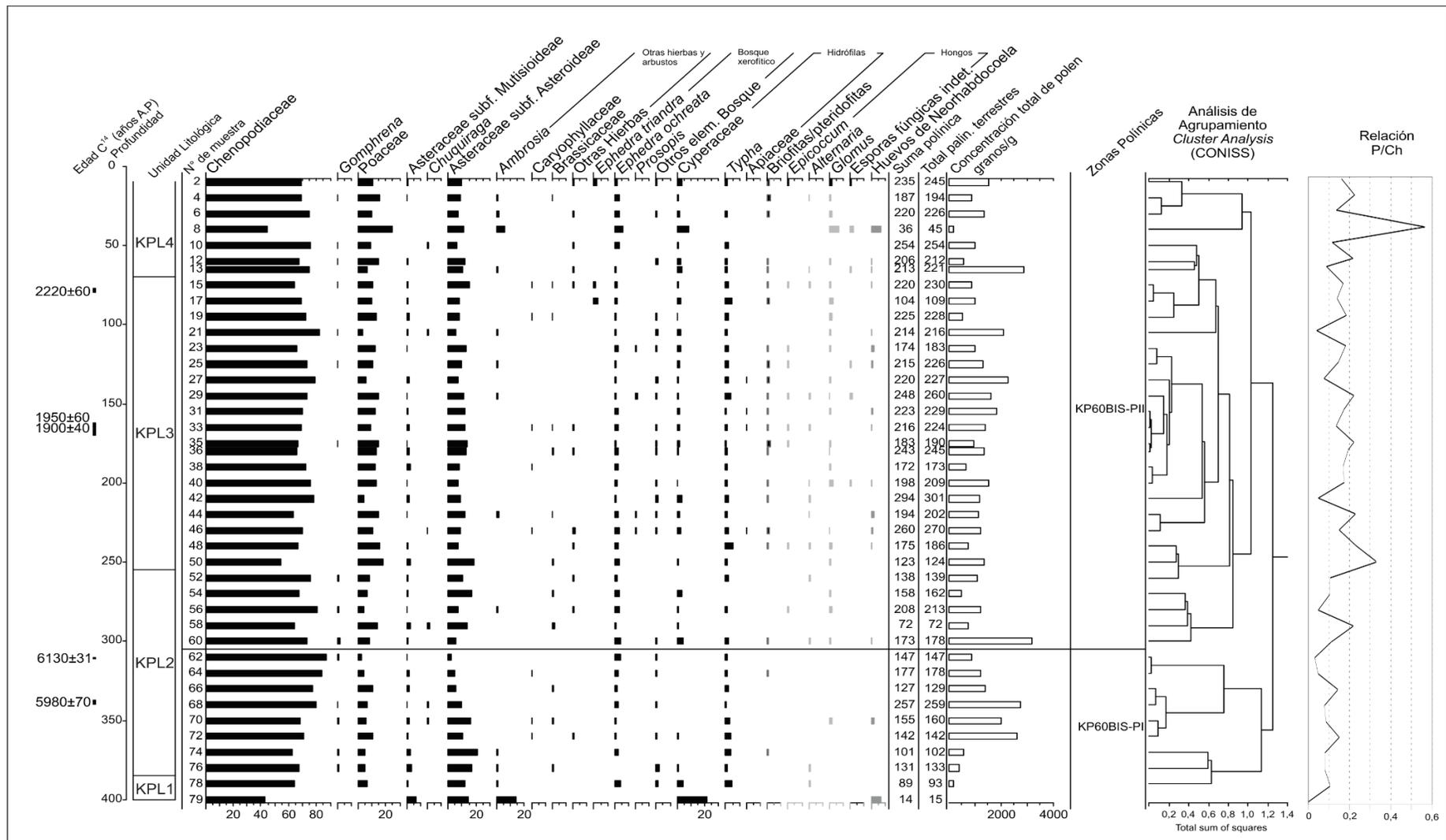


Figura 25. Diagrama de frecuencias relativas de polen y esporas del Testigo KP60BIS. Edades ^{14}C . Unidades litológicas. Concentración total del polen. Zonas polínicas de acuerdo al análisis de agrupamiento (CONISS). Relación P/Ch. Otras hierbas incluye Asteraceae subf. Cichorioideae, Convolvulaceae, Plantago, Lamiaceae y Frankenia. Otros elem. del Bosque incluye Schinus y Zygophyllaceae.

VI.3 Descripción de los espectros de dinoquistes y otros palinomorfos no polínicos

Los espectros de dinoquistes y otros PNP del Testigo KP60BIS están formados por 22 especies de dinoquistes, 4 tipos de algas clorofíceas, 3 tipos de acritarcos y 2 elementos del zooplancton marino. El diagrama de porcentajes relativos está representado en la Figura 26. Se establecieron dos zonas palinológicas: KP60BIS-DI y KP60BIS-DII y cuatro subzonas palinológicas: KP60BIS-DIa, KP60BIS-DIb, KP60BIS-DIIa y KP60BIS-DIIb, usando el análisis de agrupamiento (CONISS). Los espectros no polínicos de toda la sección están dominados por los dinoquistes fototróficos.

Subzona KP60BIS-DIa (400-315 cm): está caracterizada por dinoquistes de especies fototróficas (92-100%), acompañados por acritarcos ($\leq 5\%$) y bajas proporciones de dinoquistes heterotróficos ($\leq 1\%$). *Spiniferites bentorii* domina los espectros de dinoquistes fototróficos, alcanzando en esta zona los máximos valores, hasta el 65%. *Operculodinium centrocarpum* y *Spiniferites cf. pachydermus* presentan un leve aumento desde la base a la parte superior de la zona, con una variación de 25 a 54% y 2 a 7% respectivamente. *Spiniferites bulloideus* está presente sin variaciones importantes dentro de la zona ($< 7\%$), *S. mirabilis* se registra en casi todas las muestras con bajas proporciones ($< 1\%$), mientras que *S. ramosus* está presente sólo en una muestra de la parte superior ($\leq 1\%$). *Melitasphaeridium choanophorum* se presenta en bajos porcentajes ($< 3\%$). Los dinoquistes heterotróficos están presentes en tres muestras y están representados por *Selenopemphix quanta*, *Selenopemphix sp.*, *Lejeunecysta sp. A/sp. B*, *Stelladinium spp.* y *Brigantedinium spp.* Las proporciones de los acritarcos son bajas en toda la subzona, están presentes: *Mychristridium sp.* ($< 5\%$), *Cymatiosphaera sp.* ($< 1\%$) y Acritarcos sp. ($\leq 5\%$). Las algas clorofíceas están representadas por *Botryococcus braunii* ($\leq 3\%$). Las concentraciones de los dinoquistes son variables (119 a 2.933 dinoquistes/g), alcanzando los valores máximos.

Subzona KP60BIS-DIb (315-245 cm): se caracteriza por el dominio de dinoquistes de especies fototróficas (87-99%) acompañados por acritarcos ($\leq 5\%$) y bajas proporciones de dinoquistes heterotróficos ($\leq 2\%$). *Operculodinium centrocarpum* domina los espectros de dinoquistes fototróficos, alcanzando en esta subzona los máximos valores, hasta el 63%. *Spiniferites bentorii* decrece notablemente presentando una variación de 14% a 36%. *S. cf. pachydermus* presenta un leve aumento de base a tope, con una variación de 2 a 14%. *S. bulloideus* aumenta las proporciones alcanzando hasta el 9%, a excepción de la última muestra que presenta sólo el 5%. *S. mirabilis* sólo se registra en una muestra de la base ($< 1\%$), mientras

que *Spiniferites ramosus* aparece en dos muestras de la parte superior (<2%). *Melitasphaeridium choanophorum* sigue presente en bajos porcentajes ($\leq 3\%$). Los dinoquistes heterotróficos están representados por *Selenopemphix* sp., *Lejeunecysta* sp. A/sp. B y *Brigantedinium* spp., pero sólo en dos muestras y con porcentajes menores al 1%. Los acritarcos en general muestran un leve aumento en esta subzona, no superando el 5%. *Botryococcus braunii* está presente en bajos valores (<1%). Las concentraciones de los dinoquistes son variables (439 a 2.684 dinoquistes/g).

Subzona KP60BIS-DIIa (245-55 cm): los dinoquistes fototróficos (70-92%) presentan una leve disminución y se registra un aumento de los acritarcos (2-18%) y de los dinoquistes heterotróficos (<10%). *Operculodinium centrocarpum* es la especie más frecuente, alcanzando el 55%. *Spiniferites* cf. *pachydermus* alcanza los mayores porcentajes de todo el testigo (8-18%). *S. ramosus* y *Spiniferites* spp. también presentan sus mayores porcentajes (7% y 11%, respectivamente). *Melitasphaeridium choanophorum* sigue presente con bajos valores ($\leq 1\%$). Aparece *Lingulodinium machaerophorum* en bajas proporciones en cinco muestras (<2%). Se registran en esta subzona la mayor diversidad de dinoquistes heterotróficos; alcanzando los mayores valores. Están presentes: *Selenopemphix quanta* (<2%), *Selenopemphix* sp. (<10%), *Lejeunecysta* sp. A/sp. B (<1%), *Stelladinium* spp. (<1%), *Votadinium calvum/spinosum* ($\leq 1\%$), *Echinidinium* cf. *aculeatum* (<1%), *E.* cf. *delicatum* (<2%), *Archaeoperidinium* sp. A/sp. B (<2%), *Islandinium minutum* (<1%), *I. cezare* ($\leq 1\%$), *Brigantedinium* spp. (<4%) y *Polykrikos* cf. *schwartzii* (<1%). Los acritarcos presentan variaciones, mostrando las mayores proporciones en la parte media con los mayores valores de todo el testigo. Están representados por *Mychristridium* sp. (2-13%), *Cymatiosphaera* sp. (<9%) y Acritarcos sp. (<4%). Las algas clorofíceas están representadas por *Botryococcus braunii* (<6%), *Pediastrum boryanum* y Zygnemataceae (<2%). Aparecen los huevos de crustáceos (<1%) y aumentan los valores de *linings* de foraminíferos ($\leq 5\%$). Las concentraciones de los dinoquistes son bajas, menores a 1.253 dinoquistes/g, excepto en una de las muestras que alcanza 1.935 dinoquistes/g.

Subzona KP60BIS-DIIb (55-0 cm): está caracterizada por dinoquistes fototróficos (81-97%), acompañado por acritarcos (<12%) y bajas proporciones de dinoquistes heterotróficos ($\leq 3\%$). *Operculodinium centrocarpum*, *S. cf. pachydermus* y *S. mirabilis* presentan los mayores valores de todo el testigo (44-58%, 14-22% y $\leq 4\%$ respectivamente). *Melitasphaeridium choanophorum* y *Pentapharsodinium dalei* presentan bajos porcentajes (<3% y <1% respectivamente). Los dinoquistes heterotróficos están representados por *Selenopemphix quanta*, *Lejeunecysta* sp A./sp B., *Echinidinium cf. delicatum*, *Brigantedinium* spp. y *Polykrikos cf. schwartzii*. Los acritarcos que se registran son *Mychrostridium* sp. (<10%), *Cymatiosphaera* sp. (<1%), y *Acritarcos* sp. (<2%). *Botryococcus braunii* (<2%), *Pediastrum boryanum* ($\leq 1\%$), *Spirogyra* ($\leq 1\%$) y Zygnemataceae (<1%) integran el grupo de algas clorófitas. Los elementos del zooplankton están representados por *linings* de foraminíferos ($\leq 9\%$). Las concentraciones de los dinoquistes varían entre 456 y 1.106 dinoquistes/g.

VI.4 Relación Polen/Dinoquistes (P/Q)

Los valores del índice de relación P/Q (Figura 26) presentan mayores fluctuaciones en las secciones inferior y superior de la secuencia, mientras que en la parte media; las fluctuaciones son menores, con valores mayores a 1. A lo largo de la secuencia los valores en el índice P/Q oscilan entre 0,17 y 2,88. Desde la base hasta los 245 cm de profundidad, el índice presenta valores menores y cercanos a 1, indicando proporciones levemente superiores de dinoquistes o proporciones similares de polen y dinoquistes. En la profundidad de los 350 cm el índice presenta un valor excepcionalmente alto para este tramo, de 2,5.

Por otra parte, entre los 245 cm y el tope del testigo los valores de la relación P/Q son mayores a 1, indicando un predominio del aporte de polen sobre el aporte de dinoquistes marinos. Sólo dos muestras tienen valores inferiores a 1: a 40 cm de profundidad el índice P/Q es de 0,17 y en la muestra de 85 cm de profundidad el índice P/Q es de 0,51.

VI.5 Discusión

La secuencia estudiada fue obtenida desde depósitos submarinos estratificados ubicados en el sector externo del estuario, al sur del Canal Principal y tan sólo a 8 km de la costa actual de la isla Trinidad. Varios autores sostienen que durante el Pleistoceno tardío-Holoceno temprano ocurrieron en el área procesos depositacionales que formaron el paleo-delta del río Colorado y

que las islas actuales del estuario de Bahía Blanca, de Bahía Falsa y de Bahía Verde constituyen relictos de ese antiguo delta (Aliotta *et al.*, 1999; Spalletti e Isla, 2003; Melo *et al.*, 2003). Durante el Holoceno medio con un NMM en aumento, los depósitos deltaicos fueron parcialmente cubiertos con arena media y detritos biogénicos, y por arcillas limosas en las zonas más someras. El avance de sedimentos marinos, así como también el retrabajo y redistribución de los sedimentos fluvio-estuarinos rellenaron los paleocanales hasta el establecimiento del presente ambiente estuarino (Aliotta *et al.*, 2014). Hacia al sur del estuario, en la zona costera de Bahía Anegada, de acuerdo a estudios realizados por Weiler (1998), se habrían desarrollado durante el Holoceno islas de barrera, originadas por migración de arena de playa bajo la acción de corrientes litorales. Lo expuesto indica que la secuencia sedimentaria analizada podría vincularse a depósitos que se formaron cercanos al área fluvio-deltaica formada previamente a la ingesión marina holocena y afectada por ésta. Particularmente, la isla Trinidad es la más alta de las islas del estuario con una altura sobre el actual NMM de unos 20 m, y se ha propuesto que su zona central o núcleo habría permanecido aflorante durante la transgresión holocena.

El análisis polínico del testigo KP60BIS evidencia el desarrollo de las comunidades halófilas que existían en la zona costera cercana al sitio de estudio. Todo el registro polínico está caracterizado por leves fluctuaciones en los tipos dominantes: Chenopodiaceae, Poaceae y Asteraceae subf. Asteroideae. Estos tipos corresponden a los mismos que dominan los espectros polínicos de las actuales marismas y planicies de marea del estuario de Bahía Blanca (Figura 15). El registro polínico de esta secuencia sugiere así la presencia de las comunidades halófilas, como también los aportes de algunos elementos del Bosque xerofítico y del ecotono Pastizal pampeano-Bosque xerofítico, que se habrían desarrollado en la región costera próxima al sitio de estudio, en dos ventanas temporales: a comienzos del Holoceno medio, a los *ca.* 6.100-6.000 ¹⁴C años A.P. (7.000-6.800 cal. años A.P.), y durante el Holoceno tardío, a los *ca.* 2.200-1.900 ¹⁴C años A.P. (2.200-1.800 cal. años A.P.).

La parte inferior del testigo, correspondiente a la primera ventana temporal, litológicamente está dividida en dos unidades: KPL1 y KPL2. La unidad litológica KPL1 (400-385 cm) en la base del testigo, está formada por un paquete masivo de arena fina a media limosa y de limo arenoso color verde claro que pasa a través de un contacto neto a la unidad litológica KPL2 (385-255 cm) integrada por limo arenoso con restos de conchillas de moluscos. La unidad litológica KPL1 presenta mayor porcentaje de arenas medias y menor porcentaje de limos, en comparación con el resto del testigo, lo que evidencia que la base del testigo se depositó en condiciones ambientales diferentes donde actuaron inicialmente agentes depositacionales de

mayor energía. A partir del nivel de 380 cm (base de KPL2) la secuencia muestra un fuerte cambio marcado por la disminución del porcentaje de arena media y arena fina y simultáneamente por el aumento de las otras fracciones: arena muy fina y limo. El cambio sedimentológico y probablemente también las variaciones en las concentraciones de polen y dinoquistes están relacionados con cambios en los procesos sedimentarios actuantes en el momento de la depositación. El aumento de los porcentajes de limo registrados en la unidad litológica KPL2 se correlaciona con mayores valores en las concentraciones de dinoquistes registrados en la subzona KP60BIS-DIa (Figura 26). Esto coincide con lo propuesto por [Narale et al., \(2013\)](#) quienes indican que el tamaño de grano juega un papel importante en la distribución de los dinoquistes, demostrando que las mayores concentraciones se encuentran en los sedimentos limo-arcillosos, debido a las características hidrodinámicas similares de los dinoquistes y de las partículas de tamaño limo; mientras que los sedimentos de tamaño arena no son adecuados para la depositación de los dinoquistes.

También debe considerarse que condiciones de energía inestable u oscilante originan tasas de sedimentación variables que determinan fluctuaciones en la concentración total de polen y dinoquistes. La zona polínica KP60BIS-PI datada en 6.130 ± 31 ^{14}C años A.P. (6.953 cal. años A.P.), y en 5.980 ± 70 ^{14}C años A.P. (6.770 cal. años A.P.), resultados que se presentan invertidos, está integrada por las unidades litológicas KPL1 y la parte inferior de la KPL2. La zona polínica KP60BIS-PI presentó bajos valores de concentración total de polen (195 a 379 granos/g), en la parte inferior, correspondiente a la unidad KPL1, pudiendo relacionarse con tasas de sedimentación más altas, mientras que en la parte superior (385-305 cm) que corresponde a la parte inferior de la unidad litológica KPL2, se presentan mayores valores en la concentración de polen (379 a 2.763 granos/g) relacionándose a tasas de sedimentación más bajas y variables. Los espectros polínicos de esta zona sugieren la presencia de marismas costeras, con aportes de los elementos del Bosque xerofítico y escaso aporte de tipos polínicos hidrófilos. Los bajos valores de tipos de polen hidrófilos y esporas de briofitas, indican poco aporte de agua de esorrentías superficiales y/o una reducción de los cuerpos de agua y humedales costeros que tuvieron un importante desarrollo durante el Holoceno temprano. En la franja costera norte del estuario de Bahía Blanca varios trabajos demostraron la presencia de lagunas intermedanasas, cuyo desarrollo habría ocurrido durante el Holoceno temprano, con niveles altos de agua en los cuerpos de agua a los *ca.* 7.100 años A.P. vinculados a condiciones climáticas húmedas ([Aramayo et al., 2002](#); [Quattrocchio et al., 2008](#); [Blasi et al., 2013](#) y referencias allí citadas). El decrecimiento en el nivel y desarrollo de los ambientes continentales

lagunares habría sido originado por un cambio hacia condiciones climáticas más secas que ocurrieron en la región pampeana sur con posterioridad a los *ca.* 7.000 años A.P. (Zárate *et al.*, 2000; Prieto *et al.*, 2004).

Los ensambles de dinoquistes de la subzona KP60BIS-DIa, a los *ca.* 6.000 años A.P. (6.800 cal. años A.P.), están dominados por especies fototróficas, con altas frecuencias de *Spiniferites bentorii* que también está presente en las asociaciones palinológicas de las muestras de sedimentos actuales del estuario de Bahía Blanca y de El Rincón, pero en bajas proporciones. De acuerdo a los estudios compilados por Zonneveld *et al.* (2013), *S. bentorii* no es una especie de condiciones salobres, sino que se asocia a condiciones de salinidad superiores a 27,5‰; adicionalmente ha sido observada en el Hemisferio Norte en el Golfo de Omán en condiciones de hipersalinidad, superiores a 40‰. Estas características sugieren que la parte inferior del Testigo KP60BIS se depositó en un ambiente de condiciones intermedias entre ambiente nerítico interno y costero con valores de salinidad marina normal a alta.

La subzona KP60BIS-DIb, datada en la base en 6.130 ± 31 ^{14}C años A.P. (7.000 cal. años A.P.), está dominada por dos especies fototróficas: *Operculodinium centrocarpum* y *Spiniferites bentorii*. Estas dos especies presentan una co-variación en las proporciones; entre los 310 y 290 cm de profundidad (parte inferior de la subzona) la proporción de *O. centrocarpum* es mayor a la proporción de *S. bentorii*, mientras entre los 290 y los 250 cm (parte superior de la subzona) *O. centrocarpum* disminuye y *S. bentorii* aumenta acompañado de *S. cf. pachydermus*. De acuerdo a los datos reportados por Zonneveld *et al.* (2013) tanto *S. pachydermus* como *S. bentorii* están restringidos a regiones costeras con salinidades superficiales del agua de mar superiores a 27,5 ‰ y pueden alcanzar valores de 39 ‰. Es decir que, los dinoquistes, en concordancia con lo que muestran los espectros de polen y esporas, reflejan condiciones marinas costeras sin descarga importante de agua dulce para los *ca.* 6.000 ^{14}C años A.P. (unidades KPL1 y KPL2; zona KP60BIS-DI).

En la franja litoral norte del estuario de Bahía Blanca, las investigaciones señalan un NMM similar al actual a los *ca.* 6.500 años con un paleoambiente de playa en la zona de Pehuen-Có, y el desarrollo de un cangrejal fósil y una marisma de *Spartina* con tallos datados en 6.570 ^{14}C años A.P. en el sitio El Cangrejal (38° 58' 59,99" S; 61° 40' 59,99" O), cercano a Monte Hermoso (Aramayo *et al.*, 2002). En particular, González (1989) a partir del análisis de cordones de conchillas en las cercanías de la ciudad de Bahía Blanca, indica una edad mínima de 5.990 ^{14}C años A.P. (edad sin corrección por fraccionamiento isotópico) para el episodio de transgresión máxima. Un avance de la línea de costa hacia el continente a los *ca.* 5.700 años

A.P. (ca. 6.000 cal. años A.P.) es detectado en la desembocadura del arroyo Napostá Grande (Grill y Quattrocchio, 1996; Borel *et al.*, 2011). Para la costa patagónica central y sur, las dataciones de cordones de conchillas y análisis de niveles de terrazas mostraron una regresión escalonada del NMM (después del máximo alcanzado entre los 6.900 y 6.200 ¹⁴C años A.P.) con una caída del NMM a los 6.200-6.000 ¹⁴C años A.P. (ca. 6.600-6.400 cal. años A.P.) inferida por las elevaciones sucesivamente más bajas de las formas costeras que se desarrollaron durante los períodos estables (Schellmann y Radtke, 2010). Estos autores concluyeron que los intervalos involucrados para las oscilaciones son consistentes para la costa atlántica sudamericana y la costa atlántica del sur de África y para Australia, donde también han sido identificadas fluctuaciones del NMM durante el Holoceno medio a tardío. Dichos autores sugieren que estas oscilaciones podrían haber sido originadas por cambios eustáticos en el volumen de los océanos. Para el testigo PS2, que fue extraído desde depósitos submarinos a 12,5 m de profundidad y a una distancia de unos 2,5 km hacia el SE del KP60BIS, se detectó para su sección basal un ambiente estuárico restringido, a los ca. 6.350 ¹⁴C años A.P., y también se propuso una oscilación negativa del NMM de amplitud incierta (Gómez, 2004; Gómez *et al.*, 2005) que coinciden temporalmente con el primer intervalo de descenso del NMM propuesto por Schellman y Radtke (2010).

Entre la ventana temporal próxima a los ca. 6000 ¹⁴C años A.P. y la superior es evidente la existencia de un hiato importante en la secuencia del KP60BIS, que está señalando condiciones ambientales de mayor energía que ocasionaron erosión de los depósitos o ausencia de sedimentación para un intervalo comprendido entre los ca. 6.000 y los ca. 2.200 años A.P. Los hiatos y las inversiones de las edades radiocarbónicas son características comunes para las secuencias sedimentarias de ambientes de plataforma, dada la energía generalmente alta de los procesos depositacionales actuantes y la posibilidad de retrabajamiento de los sedimentos.

La zona polínica KP60BIS-PII datada en 1.900±40 ¹⁴C años A.P. (1.793 cal. años A.P.) y en 2.220±60 ¹⁴C años A.P. (2.191 cal. años A.P.), presentó valores fluctuantes de concentración total de polen (192 a 2.288 granos/g), con dos picos altos de concentración, uno en la base (3.169 granos/g) y otro en la parte superior (2.934 granos/g). Estos valores fluctuantes en las concentraciones de polen evidencian que los sedimentos fueron depositados en ambientes con niveles de energía oscilantes. La zona polínica KP60BIS-PII sedimentológicamente incluye la parte superior de la unidad KPL2 (305-255 cm) y las unidades KPL3 y KPL4. La unidad KPL3 (255-70 cm) está formada por limo arenoso con laminaciones plano paralelas y en la base de la unidad se presenta *Tagelus plebeius*. Las laminaciones constituyen evidencias de que los

procesos sedimentarios actuantes estuvieron vinculados con ambientes de energía oscilantes. El nivel de *T. plebeius*, bivalvo infaunal común en planicies de marea de estuarios de Argentina, tolerante a un amplio rango de salinidad, indica un ambiente intermareal. Las mayores proporciones de arena media sugieren que las condiciones fueron de mayor energía que las condiciones de la unidad KPL2. La unidad litológica KPL4 (70-0 cm) está formada por arena media limosa con intercalaciones de arena muy fina limosa y limo arenoso con restos de conchillas, que evidencian procesos de depositación de mayor energía, aunque más inestables que los procesos actuantes en la formación de la unidad litológica KPL3. Los espectros polínicos de KP60BIS-PII también reflejan el desarrollo de la vegetación halófila presente en el estuario, en ambientes de marismas con un leve aumento en el desarrollo de Poaceae y Asteraceae subf. Asteroideae y una ligera disminución de Chenopodiaceae acompañado de un pequeño incremento en el aporte de los elementos del Bosque xerofítico, de los tipos hidrófilos y de las esporas de briofitas. Las variaciones en los aportes de todos estos tipos polínicos se pueden relacionar con la depositación de los sedimentos a una distancia menor a la costa con respecto a la zona polínica KP60BIS-PI.

A partir de los 250 cm, aunque se mantiene el dominio de las especies fototróficas, aumentan levemente las frecuencias y se registra una mayor diversidad de dinoquistes de especies heterotróficas. Las concentraciones totales de dinoquistes son bajas (Figura 26), lo que puede estar relacionado con los procesos sedimentarios actuantes, caracterizados por presentar condiciones desfavorables para la sedimentación de la fracción tamaño limo o por efectos de dilución causados por el transporte de los sedimentos desde una descarga fluvial que origina una alta tasa de sedimentación (Matsuoka *et al.*, 2003). Además, no puede descartarse una menor productividad de los dinoflagelados en el sitio de estudio vinculada a condiciones no propicias para su crecimiento como mayor turbidez en una columna de agua mezclada. Justamente, el aumento en la diversidad de las especies heterotróficas indica que la parte superior del testigo (255-0 cm) corresponde a condiciones de mayor disponibilidad de nutrientes que el tramo inferior, donde posiblemente proliferaron las diatomeas, ya que ellas constituyen el principal alimento de los dinoflagelados heterotróficos (Dale, 1996). Las diatomeas se desarrollan preferentemente en zonas costeras con condiciones no estables de la columna de agua.

La subzona KP60BIS-DIIa, datada en 1.900 ± 40 ^{14}C (1.793 cal. años A.P.) - 1.950 ± 60 ^{14}C años A.P. (1.852 cal. años A.P.) y en la parte superior en 2.220 ± 60 ^{14}C años A.P. (2.191 cal. años A.P.), muestra un aumento en la diversidad de especies fototróficas apareciendo *Lingulodinium*

machaerophorum y *Pentapharsodinium dalei* en los ensambles. *Spiniferites* cf. *pachydermus*, *S. bulloideous*, y *S. ramosus* incrementan levemente sus frecuencias. La presencia de *S. ramosus* podría indicar que el agua superficial del estuario presentó condiciones de salinidad reducida o estacionalmente controlada por una descarga fluvial (Zonneveld *et al.*, 2013). Las especies heterotróficas *Selenopemphix quanta*, *Selenopemphix* sp., *Lejeunecysta* sp. A/sp. B, *Stelladinium* spp., *Votadinium* spp., *Echinidinium* cf. *aculeatum*, *E.* cf. *delicatum*, *Archaeoperidinium* sp. A/sp. B, *Islandinium minutum*, *I. cezare*, *Brigantedinium* spp. y *Polykrikos* cf. *schwartzii* reflejan condiciones ambientales costeras/estuarinas. La alta diversidad de dinoquistes heterotróficos es vinculada a condiciones de alta productividad, con altos contenidos de nutrientes en estuarios e importante descarga fluvial (Matsuoka *et al.*, 2003; Radi *et al.*, 2007; Pospelova *et al.*, 2008; Price *et al.*, 2013). Así mismo, varios autores (Dale, 2009, Mertens *et al.*, 2009, Matsuoka y Shin, 2010; Price *et al.*, 2013 y otros) reportan la presencia de *Lingulodinium machaerophorum* en sedimentos de áreas costeras y estuarios caracterizados por presentar alta disponibilidad de nutrientes como la Bahía Ariake Sound (Japón), el fiordo de Oslo (Noruega), el Golfo de California (México) entre otras. En el Hemisferio Sur se reportaron quistes de *Lingulodinium polyedrum* en sedimentos costeros actuales del Mar Interior de la Isla de Chiloé (Sur de Chile). La alta diversidad de dinoquistes heterotróficos y la presencia de especies como *Lingulodinium machaerophorum*, sugieren que este lapso de tiempo estuvo controlado por la influencia de descargas fluviales con un importante aporte de nutrientes (Matsuoka y Shin, 2010, Price *et al.*, 2013), determinando una alta productividad (Pospelova y Kim, 2010). La importante presencia de acritarcos, huevos de crustáceos y de foraminíferos evidencian condiciones subambientales de una zona submareal a intermareal (Dotzler *et al.*, 2007).

La subzona KP60BIS-DIIB, presenta una disminución en la diversidad y proporciones de las especies heterotróficas y está dominada por especies fototróficas, con un predominio de *Operculodinium centrocarpum*. Price *et al.* (2013) describen en las asociaciones del MIS 2 (estadío isotópico marino) específicamente en el 1° evento *Heinrich* la presencia de mayores proporciones de las especies de *Operculodinium centrocarpum*, *Spiniferites* cf. *pachydermus* y *Spiniferites bentorii* y deducen condiciones de alta disponibilidad de nutrientes en ambientes costeros poco profundos. Las asociaciones palinológicas de la subzona KP60BIS-DIIB presentan altas proporciones de estas especies, reflejando condiciones de nutrientes altos y cercanía a la costa en este lapso de tiempo. La presencia intermitente de *Mychristridium* sp., puede estar relacionada con la inestabilidad ambiental causada por pequeñas fluctuaciones del

NMM relativo del mar. La mayor proporción de arena media (KPL4) indica un ambiente de mayor energía.

La relación P/Q (Figura 26) permite comprobar que las subzonas palinológicas KP60BIS-DIa y KP60BIS-DIb presentan un mayor aporte de palinomorfos de origen marino y que a partir de los 245 cm de profundidad se registra un mayor aporte de palinomorfos de origen continental. Esta afirmación es reforzada por los mayores valores de Briofitas/Pteridofitas, de esporas fúngicas y de elementos del zooplancton de origen continental: cápsulas de huevos de Neorhabdocoela (invertebrados que se desarrollan en ambientes continentales de agua dulce a salobre).

Esta ventana temporal de la sección superior del KP60BIS se corresponde parcialmente con la otra oscilación negativa propuesta, a partir del análisis del testigo PS2 para el estuario de Bahía Blanca, para los 2.700 - 2.330 años cal. A.P. por [Gómez et al. \(2005 y 2006\)](#). Del mismo modo, puede correlacionarse con el segundo intervalo de descenso del NMM propuesto por [Schellmann y Radtke \(2010\)](#) para Patagonia a los 2.600–2.400 años A.P. (ca. 2.300–2.050 años cal A.P.).

A pesar que las algas clorofíceas están presentes en casi todo el registro, se observa a partir de los 245 cm (subzonas palinológicas KP60BIS-DIIa y KP60BIS-DIIb) un aumento en sus proporciones, especialmente de *Botryococcus braunii* y Zygnemataceae, que sugieren un importante aporte de aguas continentales salobres a dulces en el sitio de estudio, en relación a un desarrollo mayor de cuerpos de agua y humedales costeros. Esto también se sostiene por el aumento de proporciones de las esporas de Briofitas/Pteridofitas, de esporas fúngicas y de cápsulas de Neorhabdocoela (zona polínica KP60BIS-PII). Posiblemente la depositación de esta sección de la secuencia se produjo en un ambiente estuarino y en una posición cercana a la costa. Entre los 2.000 hasta los 500 años cal. A.P. las inferencias climáticas basadas en reconstrucciones cuantitativas polínicas para el sitio Arroyo Sauce Chico, sudoeste de los pastizales pampeanos, indican condiciones subhúmedas secas con valores de precipitaciones ca. 100 mm superiores al valor actual ([Tonello y Prieto, 2010](#)). También en el noreste de Patagonia ([Schäbitz, 2003](#)) se registra un leve aumento en los valores de las precipitaciones para el Holoceno tardío (desde los 3.000 años cal. A.P. hasta los ca. 800-500 años cal. A.P.) pero por debajo de los valores actuales. Durante el Holoceno tardío (3.000 años cal. AP), los registros de Bajo de la Quinta (norte del Golfo San Matías) indican un incremento de la humedad ([Marcos et al., 2011, 2012, 2014](#)). Este cambio ambiental ha sido explicado por el desplazamiento y dominancia más al sur de los vientos del oeste, permitiendo que las masas de

aire húmedo provenientes del Atlántico penetren en la región noreste de Patagonia (Schäbitz, 2003).

VII. TESTIGO PD24

Introducción

El Testigo PD24 fue extraído en la zona interna de la plataforma continental argentina, en el sistema estuarino de El Rincón, frente a Isla Verde (39° 20' S; 61° 27' O), a una profundidad de 16,3 m. El sitio está incluido dentro de la Terraza I, que está separada de la Terraza II por un escalón de fuerte gradiente que se encuentra a los 25-30 m de profundidad (Violante *et al.*, 2014). Se trata de un sector de la Plataforma con suave pendiente en la dirección noroeste-sudeste.

VII.1 Sedimentología

El análisis sedimentológico del testigo muestra cinco unidades, con una disminución de la fracción fina (limo y arcilla) desde la base hacia el techo (Capítulo II: Figura 14; Tabla 8). La alternancia de sedimentos (arena media y arena fina a muy fina) y las intercalaciones de láminas de limo y limo-arcilla de las unidades litológicas PDL1, PDL2 y PDL3 (sección comprendida entre la base del testigo y los 101 cm de profundidad) evidencian oscilaciones en la energía del ambiente depositacional, que pueden estar relacionadas con corrientes de marea. Las unidades litológicas PDL4 y PDL5 (sección superior entre los 101 cm y el tope) se componen principalmente de arena fina lo que indica un mayor grado de selección ligada a un ambiente más estable y con menor energía, con la fracción limoarcillosa y la fracción arena muy fina disminuyendo hacia el tope. A partir de los 45 cm, nuevamente se incrementa levemente el porcentaje de arena media aunque también aumenta la proporción de arena fina que sigue siendo la fracción predominante.

VII.2 Descripción de los espectros polínicos

Los espectros polínicos del Testigo PD24 están formados por 23 tipos de polen, dos tipos de esporas de briofitas, 2 tipos de esporas de pteridofitas y 3 tipos de esporas fúngicas. Los tipos de polen identificados fueron: Chenopodiaceae, *Gomphrena*, Poaceae, *Chuquiraga*, Asteraceae subf. Mutisioideae, Asteraceae subf. Asteroideae, *Ambrosia*, Caryophyllaceae, Brassicaceae y Asteraceae subf. Cichorioideae. El Bosque xerofítico está representado por *Ephedra triandra* y *E. ochreatea*, Fabaceae subf. Papilionoideae, *Prosopis*, Anacardiaceae y Zygophyllaceae. Las

hierbas hidrófilas incluyen Cyperaceae, *Typha*, Juncaginaceae y Apiaceae. Solanaceae, Convolvulaceae y *Plantago* se agrupan en otras hierbas. Las briofitas incluyen *Phaeoceros laevis* y *Phaeoceros* sp. Las pteridofitas incluyen *Pellaea*, Polypodiaceae y otras pteridofitas indeterminadas. Las esporas fúngicas incluyen *Epicoccum*, *Alternaria*, *Glomus* y esporas fúngicas indeterminadas multicelulares. El diagrama de porcentajes relativos y las zonas polínicas están representados en la Figura 27. El análisis de agrupamiento (*Cluster Analysis*) permitió dividir el registro polínico en dos zonas polínicas: PD24-PI, PD24-II y dos subzonas PD24-PIa y PD24-PIb.

En la zona PD24-PI; se identifican dos subzonas:

Subzona PD24-PIa (249-145 cm): está caracterizada por el dominio de Chenopodiaceae con un promedio de 67% (58-72%), acompañada por Poaceae y Asteraceae subf. Asteroideae: 11% (6-16%) y 9% (4-13%) respectivamente. *Chuquiraga* (<4%) y *Ambrosia* (<3%) presentan los mayores valores. Asteraceae subf. Cichorioideae está presente en el tope de la subzona ($\leq 1\%$). Están presentes los elementos del Bosque xerofítico (<8%) y las plantas hidrófilas (<8%). La concentración polínica total disminuye de base a tope y es variable (500 a 3.794 granos/g), alcanzando los valores máximos.

Subzona PD24-PIb (145-76 cm): está caracterizada por el dominio de Chenopodiaceae con un promedio de 57% (38-66%) acompañada por Poaceae y Asteraceae subf. Asteroideae 18% (12-27%) y 10% (6-18%) respectivamente, con la presencia de los mismos tipos dominantes de la subzona PD24-PIa, pero con una disminución en las proporciones de Chenopodiaceae y un aumento en las proporciones de Poaceae y Asteraceae subf. Asteroideae. *Chuquiraga* (<1%) y *Ambrosia* ($\leq 2\%$) continúan presentes. Empieza a aparecer Caryophyllaceae ($\leq 1\%$), aumenta levemente Asteraceae subf. Mutisioideae (<3%). Los elementos del Bosque xerofítico (<7%) presentan una disminución y las plantas hidrófilas muestran un leve aumento especialmente Cyperaceae que alcanza hasta un 10%. Las esporas fúngicas presentan un leve aumento en las proporciones: *Epicoccum* (<3%), *Alternaria* ($\leq 1\%$) y *Glomus* (<1%). *Phaeoceros* spp. está presente en bajas proporciones ($\leq 1\%$). La concentración polínica total disminuye de base a tope (475 a 2.511 granos/g).

Zona PD24-II (76-0 cm): los espectros de polen están dominados por Chenopodiaceae con un promedio de 61% (52-77%), acompañada por Poaceae y Asteraceae subf. Asteroideae 9% (1-20%) y 12% (8-20%) respectivamente. Chenopodiaceae aumenta y Poaceae disminuye nuevamente. Se observa un aumento en Asteraceae subf. Mutisioideae, que alcanza hasta el 8%. Están presentes los elementos del Bosque xerofítico (<11%) y plantas hidrófilas (<11%),

alcanzando los valores máximos. Continúan aumentando las esporas fúngicas y esporas de briofitas; alcanzando los mayores valores: *Epicoccum* (<3%), *Alternaria* (\leq 4%), *Glomus* (<2%) y *Phaeoceros* spp. (5%). La concentración polínica total es variable (482 a 1.811 granos/g).

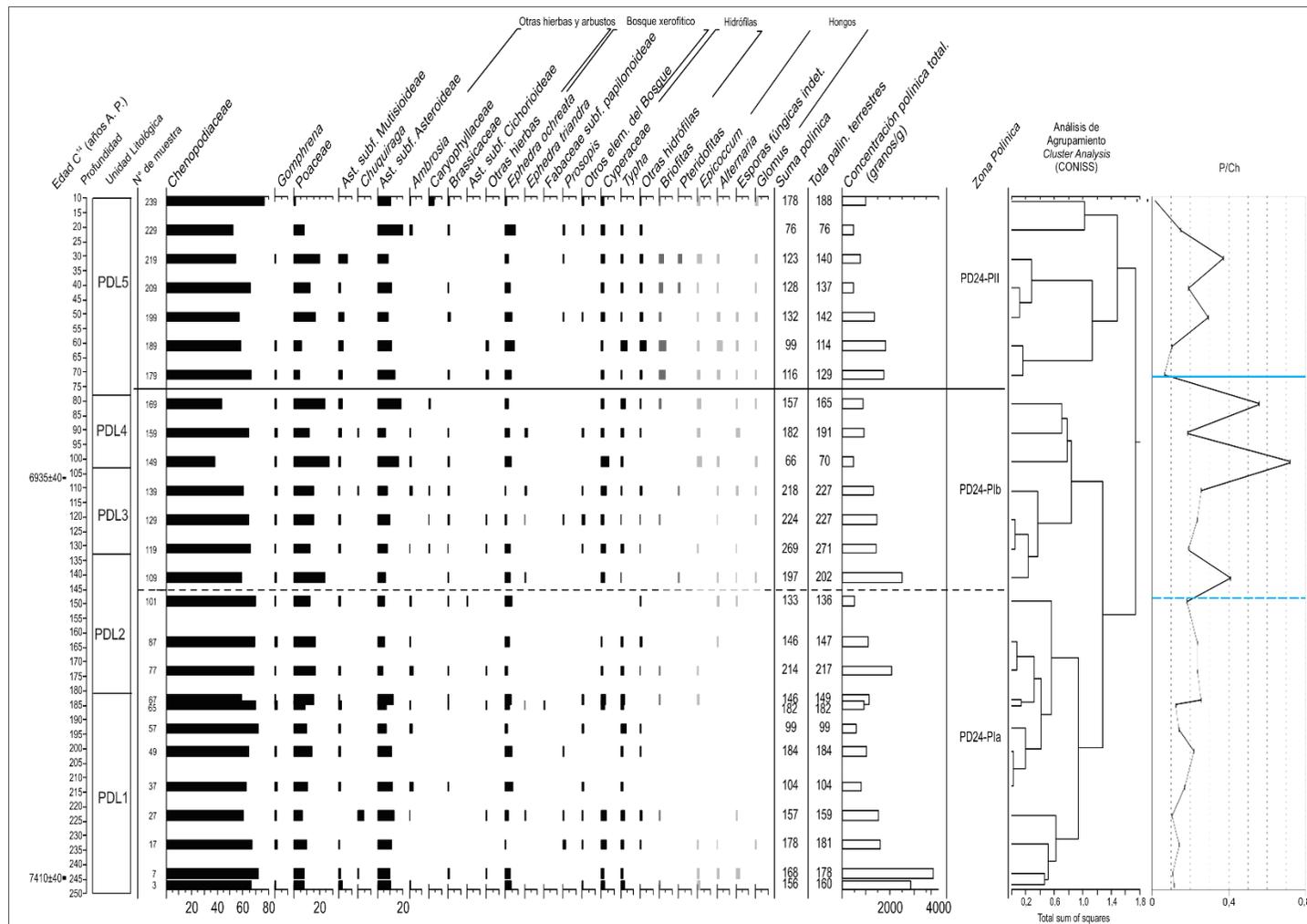


Figura 27. Diagrama de frecuencias relativas de polen y esporas y concentración total del polen del Testigo PD24. Edades ¹⁴C. Unidades litológicas. Concentración total del polen. Zonas polínicas de acuerdo al análisis de agrupamiento (CONISS). Relación P/Ch. Otras hierbas incluye Solanaceae, Convolvulaceae y Plantago. Otras hidrófilas incluye Juncaginaceae y Apiaceae. Otros elem. del Bosque xerofítico incluye Anacardiaceae y Zygophyllaceae.

VII.2.1 Relación Poaceae/Chenopodiaceae (P/Ch)

Los valores de este índice a lo largo de todo el Testigo PD24 oscilan entre 0,014 y 0,72 (Figura 27). Los valores menores y menos fluctuantes en la relación P/Ch (0,10-0,255) se encuentran en el sector comprendido entre la base del testigo y los 150 cm de profundidad. Este sector coincide con la subzona polínica PD24-PIa. En las muestras actuales de las planicies de marea del estuario de Bahía Blanca, los menores valores de Poaceae están determinados por el escaso desarrollo de *Spartina* en los canales internos (Tres Brazas y Canal del Medio), que se atribuye a una inestabilidad muy alta de los mismos que migran y cambian continuamente de posición, no permitiendo el desarrollo y estabilización de las marismas de *Spartina* (ver Capítulo IV de esta tesis). A partir de lo registrado en las muestras actuales se infiere que la parte inferior de la secuencia del PD24 se habría depositado en un sitio con una ubicación costera restringida con un comportamiento inestable del nivel del mar.

Los mayores valores en el P/Ch (0,20-0,72) se observan entre los 150 y 76 cm. Este sector de mayor índice P/Ch coincide con la subzona polínica PD24-PIb, sugiriendo una colonización de *Spartina* relacionada a un comportamiento más estable de las planicies de marea, para el lapso de tiempo registrado. Los valores más fluctuantes en la relación P/Ch (0,014-0,373) se encuentran entre los 76 cm y el tope del testigo. Este sector coincide con la zona polínica PD24-PII, evidenciando un comportamiento inestable en el desarrollo de las marismas de *Spartina* determinado por fluctuaciones del nivel medio relativo del mar.

VII.3 Descripción de los espectros de dinoquistes y otros palinomorfos no polínicos (PNPs)

Los espectros de dinoquistes y otros PNPs del Testigo PD24 están formados por 23 especies de dinoquistes, 4 tipos de algas clorofíceas, 3 tipos de acritarcos y 2 tipos de elementos del zooplancton marino. El diagrama de porcentajes relativos está representado en la Figura 28. Se establecieron dos zonas palinológicas: PD24-DI, PD24-DII y dos subzonas PD24-DIa y PD24-DIb, usando el análisis de agrupamiento (*Cluster Analysis*). Los espectros no polínicos de toda la sección están dominados por los dinoquistes fototróficos.

La zona PD24-DI se caracteriza por presentar la mayor diversidad de dinoquistes fototróficos y de dinoquistes heterotróficos. Para esta zona se identifican dos subzonas:

Subzona PD24-DIa (249-218 cm): está caracterizada por el predominio de dinoquistes de especies fototróficas (59-72%) acompañado por dinoquistes de especies heterotróficas (13-24%) y acritarcos (3-14%). *Operculodinium centrocarpum* domina el espectro de dinoquistes fototróficos, alcanzando hasta el 35%. *Lejeunecysta* sp. A/sp. B dominan los espectros de los dinoquistes heterotróficos, alcanzando los máximos valores, hasta el 11%. *Pentapharsodinium dalei* está presente en bajos porcentajes ($\leq 0,5\%$). Los dinoquistes heterotróficos están también representados por *Selenopemphix quanta* ($< 5\%$), *Selenopemphix* sp. ($< 6\%$) y *Polykrikos* cf. *schwartzii* ($< 1\%$). *Mychristridium* sp. ($< 5\%$) y *Cymatiosphaera* sp. ($< 10\%$) representan a los acritarcos. *Botryococcus braunii* ($< 0,5\%$) y Zygnemataceae ($< 1\%$) están presentes en bajas proporciones. Los elementos del zooplancton están representados por huevos de crustáceos ($< 2\%$) y *linings* de foraminíferos ($< 9\%$). La concentración de los dinoquistes presenta los mayores valores en la base (1.217 a 3.258 dinoquistes/g).

Subzona PD24-DIb (218-81 cm): está caracterizada por dinoquistes fototróficos (59-91%) acompañados por dinoquistes heterotróficos (3-20%) y acritarcos (2-23%). *Operculodinium centrocarpum* domina los espectros de dinoquistes fototróficos; aumenta alcanzando en esta subzona los máximos valores, hasta el 62%. *Melitasphaeridium choanophorum* ($< 8\%$) y *Spiniferites* cf. *pachydermus* ($\leq 6\%$) alcanzan en esta zona los máximos valores. *Lingulodinium machaerophorum* está presente en bajos porcentajes (1%). *Archaeoperidinium* sp. A/sp. B ($< 10\%$) alcanzan en esta zona los máximos valores. *Pediastrum boryanum* está bien representado ($< 2\%$) y Zygnemataceae alcanza los valores máximos ($< 4\%$). En esta subzona los acritarcos presentan los mayores porcentajes y están representados por *Mychristridium* sp. ($< 14\%$), *Cymatiosphaera* sp. ($< 10\%$) y Acritarco sp. ($\leq 0,5\%$). Los elementos del zooplancton están representados por huevos de crustáceos ($\leq 0,5\%$) y *linings* de foraminíferos ($< 9\%$). La concentración de los dinoquistes es variable (497 a 1.895 dinoquistes/g).

Zona PD24-DII (81-0 cm): se registran las frecuencias más altas de dinoquistes fototróficos (75-86%) acompañadas por dinoquistes heterotróficos (6-13%) y acritarcos ($< 7\%$). *Operculodinium centrocarpum* domina los espectros de dinoquistes fototróficos, alcanzando el 55%. *Spiniferites bulloideus*, *S. bentorii*, *S. ramosus*, *S. mirabilis* y *Spiniferites* spp. alcanzan hacia el tope los máximos valores. *Brigantedinium cariacense* alcanza en esta zona los máximos valores ($< 6\%$). Zygnemataceae ($< 3\%$) está presente en casi todas las muestras; *Botryococcus braunii* ($< 2\%$) sólo en la base. Los acritarcos están mejor representados en la

parte inferior de la zona; *Mychristridium* sp. (<4%), *Cymatiosphaera* sp. (<3%) y *Acritarco* sp. (<3%). Los elementos del zooplancton están representados por huevos de crustáceos ($\leq 1\%$) y *linings* de foraminíferos ($\leq 8\%$) que aumentan de base a tope, alcanzando los valores mayores. La concentración de los dinoquistes es variable (500 a 1.757 dinoquistes/g), con un pico a los 61 cm de profundidad que es el valor máximo de concentración de todo el testigo (3.490 dinoquistes/g).

VII.4 Relación Polen/Dinoquistes (P/Q)

Los valores de este índice oscilan entre 0,27 y 2,89 a lo largo de todo el Testigo. Entre los 249 y los 150 cm de profundidad el índice P/Q presenta valores bajos, que varían entre 0,50 y 1,30 (y sólo una muestra en la parte superior alcanza un valor alto de 1,92), indicando proporciones fluctuantes donde algunas muestras presentan un predominio de los dinoquistes y otras tienen proporciones similares de polen y de dinoquistes. Entre los 150 y los 105 cm de profundidad el índice P/Q presenta valores altos y superiores a 1, alcanzando un punto máximo (2,89 en la profundidad de 121 cm), indicando un predominio del polen sobre los dinoquistes y sugiriendo un predominio del aporte continental sobre el aporte marino para este intervalo de la secuencia. Posteriormente a ese punto máximo el índice disminuye presentando el valor mínimo de 0,27. En la parte final de la depositación, que corresponde al intervalo entre los 105 cm y el tope del testigo, el índice P/Q presenta valores bajos cercanos y menores a 1, que varían entre 0,39 y 1,20, indicando proporciones similares en la presencia de polen y de dinoquistes, con un aporte de dinoquistes levemente mayor al de polen.

VII.5 Indicadores geoquímicos

Se realizó la comparación de los índices palinológicos calculados: relación Poaceae/Chenopodiaceae (P/Ch), dinoquistes heterotróficos/dinoquistes fototróficos (H/F) y relación polen/dinoquistes (P/Q), con los indicadores geoquímicos: contenido de Nitrógeno total (N_{tot}), contenido de Carbono orgánico (C_{org}), relación atómica Carbono/Nitrógeno (C/N), relación isotópica de C ($\delta^{13}\text{C}$) y relación isotópica de N ($\delta^{15}\text{N}$).

En la Figura 29 se observa el comportamiento de cada uno de los índices calculados en función de la profundidad en el Testigo PD24. La relación P/Ch, como se explicó anteriormente, inicia con un comportamiento estable hasta la profundidad de los 149 cm, posteriormente presenta

oscilaciones pronunciadas alcanzando altos valores hasta la profundidad de los 76 cm. A partir de este punto y hasta el tope del testigo sigue siendo fluctuante pero con valores más bajos. La relación H/F inicia con valores altos, que van decreciendo a medida que disminuye la profundidad hasta llegar a los 150 cm; oscilando desde 0,38 a valores cercanos a cero (0,04). A partir de los 150 cm se desarrollan dos importantes fluctuaciones hasta llegar a la profundidad de los 85 cm, y a partir de esta profundidad las variaciones tienen bajos valores hasta llegar al tope del testigo. La relación P/Q inicia con oscilaciones que tienen valores mayores a las que se muestran en la parte superior del testigo, presentando en la parte central entre 150 y 105 cm de profundidad, un marcado aumento.

El Ntot y el Corg presentan un comportamiento muy similar; iniciando en la base del testigo con valores altos (0,028 % y 0,247 %, respectivamente), que disminuyen a medida que disminuye la profundidad, mostrando tres ciclos que van de altos valores a valores bajos, dividiendo en tres el registro en las profundidades de 150 y 85 cm. El Ntot oscila de 0,008 a 0,029 % y el Corg oscila de 0,078 a 0,256 %.

En el tramo inferior del testigo, entre los 249 y los 150 cm, la relación isotópica de C ($\delta^{13}\text{C}$) presenta una tendencia leve de decrecimiento, fluctuando entre -20,872 hasta -22,123 ‰. A partir de los 150 cm, la relación $\delta^{13}\text{C}$ comienza a aumentar levemente hacia el tope del testigo alcanzando los valores mayores (-20,263) a la profundidad de 34 cm.

La relación isotópica de N ($\delta^{15}\text{N}$) también muestra un leve descenso desde la base hasta la profundidad de los 150 cm, tomando valores que van desde 10,2 hasta 8,17. A partir de los 150 cm, inicia el incremento en los valores hasta el tope del testigo, mostrando un valor elevado de 11,127 a la profundidad de 19 cm.

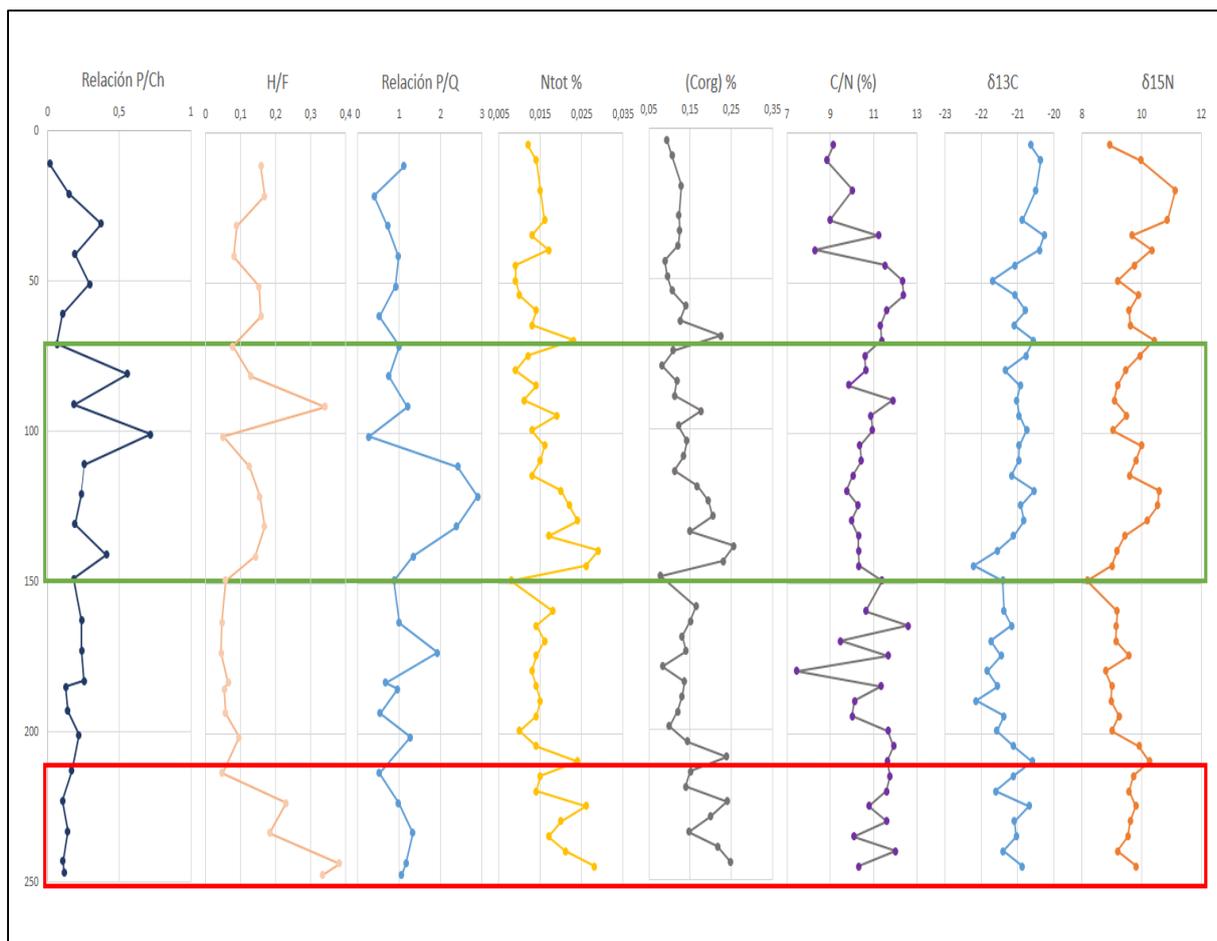


Figura 29. Comparación de los indicadores palinológicos (P/Ch), (H/F), (P/Q) con los indicadores geoquímicos: contenido de Nitrógeno total (Ntot), contenido de Carbono orgánico (Corg), relación Carbono / Nitrógeno (C/N), relación isotópica de C ($\delta^{13}\text{C}$) y relación isotópica de N ($\delta^{15}\text{N}$). El recuadro rojo señala una sección de mayor productividad. El recuadro verde delimita una sección de cambios y correspondencia entre los indicadores geoquímicos y palinológicos. Analista de los datos geoquímicos: Facundo Barrera.

VII.5.1 Isótopos estables de C ($\delta^{13}\text{C}$), N ($\delta^{15}\text{N}$), relación C/N y su interpretación

Específicamente, el carbono, tiene dos isótopos de abundancia natural: el ^{12}C (98,99%) y el ^{13}C (1,11%). A partir de estos, la proporción $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ en materiales naturales varía debido al fraccionamiento isotópico producido mediante procesos físicos, químicos y biológicos. En particular, la discriminación de las plantas respecto al CO_2 durante el proceso de fotosíntesis se debe a las propiedades bioquímicas de las enzimas primarias que fijan el carbono y el proceso de difusión que controla la entrada de CO_2 en las hojas (Farquhar *et al.*, 1989).

La interpretación de la variación de las relaciones de los isótopos estables de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) de la materia orgánica (MO) en sedimentos estuarinos se basa en el conocimiento de los rangos de

valores que esa relación isotópica tiene para diferentes tipos de materia orgánica. Por ejemplo, en ambientes de marismas dominados por plantas vasculares de tipo C3 como son las marismas altas, se registran los valores más bajos ($\delta^{13}\text{C}$ de -21 a -32 ‰ con un promedio de -27 ‰). En este grupo de plantas se incluyen *Sarcocornia perennis* y otras Chenopodiaceae. Estas plantas además tienen relaciones C/N relativamente altas (mayores a 12) ya que están integradas principalmente por lignina y celulosa pobre en N.

En contraste, las plantas vasculares C4 de las marismas bajas que discriminan menos el $^{13}\text{CO}_2$ poseen valores mayores alrededor del -13 ‰ ($\delta^{13}\text{C}$ en un rango de -9 a -17 ‰) y es el caso particular de *Spartina alterniflora*.

Las microalgas bentónicas de planicies de marea y las algas planctónicas de los canales de marea tienen valores intermedios (de -16 a -23 ‰). Además, en los ambientes estuarinos hay otras fuentes de materia orgánica como es el fitoplancton marino (-20 ‰) y el ingreso de material, proveniente de plantas C3, a las marismas bajas y a las planicies de marea no vegetadas a través de los ríos. Debe considerarse también que la relación isotópica $\delta^{13}\text{C}$ puede ser alterada en los sedimentos orgánicos por los cambios diagenéticos.

Las concentraciones de Corg y Ntot son bajas en el testigo PD24 y no revelan por sí solas información precisa sobre las características del testigo estudiado. La relación C/N presenta variaciones en el rango de 12,8 a 9,5 (con un solo valor más bajo de 7,3) desde la base del testigo hasta los 100 cm de profundidad. En una primera aproximación, los valores de la relación C/N (7,3 a 12,8) indican que la procedencia de la materia orgánica es mayormente de origen marino. Sin embargo esta relación es mayor que la razón de Redfield de 6,6 (relación C/N de fitoplancton marino), por lo que se interpreta la presencia de aportes alóctonos de material edáfico-terrágeno arrastrado hacia el sitio estudiado. En particular el polen indica para el testigo la presencia, en las marismas costeras, de plantas de tipo C3 (Chenopodiaceae fundamentalmente) que tienen relaciones C/N mayores a 12, y que explicaría los valores altos de esta relación por el transporte de sus restos hacia el sitio de estudio por las mareas. Los valores levemente mayores en el contenido de Ntot y Corg indican una mayor productividad que se produce en la base (250 cm, 150 cm y 85 cm) de los tres ciclos de decrecimiento que muestran ambos contenidos en la secuencia.

La $\delta^{13}\text{C}$ es poco variable en un rango estrecho de -20 a -22 ‰ a lo largo del testigo, con una ligera tendencia al decrecimiento desde la base hasta los 150 cm de profundidad y a partir de los 150 cm de profundidad vuelve a crecer levemente y tiende a estabilizarse alrededor de -21. Asimismo, se observa un aumento importante en la relación P/Q entre los 150 y 100 cm y se

incrementa la relación P/Ch lo que sugiere un ambiente más estable con el desarrollo de marismas costeras colonizadas por *Spartina*. La relación C/N para ese tramo tiende a estabilizarse alrededor del valor del 10 y a partir de los 70 cm de profundidad y hasta los 40 cm de profundidad se incrementa levemente y finalmente decrece.

El origen mixto de la materia orgánica (entre el plancton y los restos vegetales provenientes de las marismas y arbustos halófilos costeros), se ratifica con los valores del $\delta^{15}\text{N}$ observados en el testigo que varían entre 9 y 11 ‰ y que caen en un intervalo ubicado parcialmente en los dominios planctónico marino y vegetal. Los valores del $\delta^{15}\text{N}$ se incrementan hacia el tope y simultáneamente la relación P/Q tiene menores valores lo que indica una mayor contribución planctónica para el tramo superior del testigo .

VII.6 Discusión

El Testigo PD24 fue extraído frente a Bahía Verde, a una distancia aproximada de 45 km desde la costa actual de las islas Ariadna y Verde, que están localizadas en la parte sur del estuario de Bahía Blanca. La edad de depositación de esta secuencia para el nivel 244 cm (base de la unidad PDL1) es de 7.410 ± 40 ^{14}C años A.P. (8.188 cal. años A.P.) y para el nivel 107 cm (tope de la unidad PDL3) es de 6.935 ± 40 ^{14}C años A.P. (7.726 cal. años A.P.). Por estos datos se observa que la depositación de los sedimentos de la sección inferior (unidades litológicas PDL1, PDL2 y PDL3) habría ocurrido en un lapso relativamente breve (*ca.* 500 años cal.) durante el Holoceno temprano a medio. Los datos existentes para las secuencias aflorantes en la zona costera norte del estuario de Bahía Blanca ([Aramayo et al., 2005](#); [Fontana, 2005](#); [Spagnuolo, 2005](#); [Quattrocchio et al., 2008](#); [Blasi et al., 2013](#)) indican, para ese intervalo, que el NMM aún se encontraba en una posición más baja que el nivel actual y en ascenso, alcanzando un valor altimétrico semejante al actual a los *ca.* 6.500 ^{14}C años A.P., para luego sobrepasarlo. De acuerdo a estudios realizados previamente ([González Uriarte, 1984](#); [Melo et al., 2003](#); [Spalletti e Isla, 2003](#); [Aliotta et al., 2014](#)) en el área se habría desarrollado, durante el Pleistoceno-Holoceno temprano, un sistema deltaico formado por los aportes del río Colorado y por los aportes de otros paleodrenajes que ocuparon depresiones al norte del río Colorado. El sistema de lóbulos deltaicos habría extendido su desarrollo desde el estuario de Bahía Blanca hasta la actual Bahía Anegada. El sitio del testigo PD24 está ubicado frente al lóbulo 2 del paleo-delta del Colorado propuesto por [Spalletti e Isla \(2003\)](#), cuyo desarrollo habría correspondido a

paleo-cursos que ocupaban la depresión Chasicó-Salinas Chicas-Salitral de la Vidriera para el Pleistoceno tardío-Holoceno temprano.

Los sedimentos de la secuencia analizada representados por las tres unidades litológicas inferiores: PDL1, PDL2 y PDL3 (249-101 cm), presentan altas proporciones de arena media, menores proporciones de arena fina a muy fina (Capítulo II, Figura 14) y también restos de conchillas fragmentadas (principalmente de *Corbula patagonica*). Sedimentos de tamaño arena media a fina se distribuyen actualmente en El Rincón en la zona comprendida entre las isobatas de 20 y 16 m, mientras que las arenas muy finas a finas predominan en una franja más somera limitando el exterior del estuario de Bahía Blanca, al norte de la desembocadura del río Colorado (Aliotta *et al.*, 1999). La predominancia de los sedimentos de tamaño arena media, acompañada de arena fina y muy fina, con bioclastos de diferentes tamaños en las unidades PDL1, PDL2 y PDL3 del testigo, evidencia condiciones hidrodinámicas de sedimentación propias de un ambiente de plataforma interna. En concordancia, la presencia de *Corbula patagonica* refleja ambientes de depositación infralitorales (Aguirre y Farinati, 2000) aunque también se conoce que esta especie puede habitar ambientes mesolitorales (submareales) con bajos niveles de energía (Aguirre, 1992). Sin embargo, las valvas de *Corbula patagonica* se registran en las unidades inferiores de la secuencia estudiada, de forma principalmente fragmentada (restos de 2 a 10 mm), lo que indica un transporte previo a su depositación y un ambiente con condiciones de energía más alta que un ambiente intermareal.

Según Melo *et al.* (2003), a los ca. 7.000 años A.P. los ríos habrían volcado al estuario de Bahía Blanca una carga de sedimentos finos (principalmente limos del loess pampeano) transportados por las descargas fluviales de tres grandes grupos de drenaje. En particular, los grupos de drenaje I y II, desarrollados en varios ejes, se concentraban en la depresión Chasicó-Salinas Chicas. El volumen sedimentario arrastrado hacia el Canal Principal habría sido de poca magnitud ya que sus caudales eran compartidos con el actual Salado bonaerense y debían superar los bordes de las depresiones pampeanas. Solamente en momentos de máximos aportes hídricos, estos drenajes colmataban la depresión Chasicó-Salinas Chicas y continuaban hacia la actual área del Salitral de la Vidriera para desembocar en el Canal Principal. En la porción sur del estuario los sedimentos habrían sido distribuidos por el grupo de drenaje III, principalmente a través de un eje notable que relaciona las Salinas de Anzoátegui y La Gotera con Bahía Falsa y Bahía Verde.

Actualmente, en la costa próxima a la desembocadura del río Colorado y en la franja de la plataforma interna adyacente al límite externo del estuario de Bahía Blanca se manifiesta el

aporte de limo y arcilla proveniente de dicho río (Blasi, 1988; Aliotta *et al.*, 1999) formando una pluma sedimentaria, que se desarrolla desde la costa en dirección noreste.

Una descarga fluvial cercana al sitio del testigo PD24 es sugerida por las laminaciones de limo-arcilla presentes en PDL1, PDL2 y PDL3 y también por los ensambles de dinoquistes identificados. Estos ensambles integrados por una importante diversidad de dinoquistes heterótrofos (subzonas PD24-DIa y PD24-DIb; PDL1-PDL2-PDL3-PDL4) permiten inferir un contenido de nutrientes relativamente alto en el agua de mar proveniente de aportes fluviales para el intervalo *ca.* 7.400-6.900 ¹⁴C años A.P. (*ca.* 8.200-7.700 cal. años A.P.). En particular, la subzona PD24-DIa (249-218 cm; PDL1) presenta a los *ca.* 7.400 ¹⁴C años A.P., los mayores porcentajes de las especies heterotróficas *Lejeunecysta* sp. A/sp. B, *Selenopemphix quanta* y *Selenopemphix* sp. (Figura 28), reflejando mayor productividad ligada a un importante aporte de nutrientes, que habría originado proliferación de organismos como las diatomeas, que constituyen importantes presas de los dinoflagelados heterótrofos. Este intervalo de mayor productividad es indicado también por el contenido levemente superior de Corg y de Ntot (Figura 16, recuadro rojo) en clara correspondencia con los mayores valores de H/F (relación entre dinoquistes heterotróficos y fototróficos). Las proporciones de dinoquistes heterótrofos en las muestras de sedimentos actuales de El Rincón son mayores a las registradas en la secuencia del PD24, indicando que no existe un análogo moderno que se ajuste totalmente. Sin embargo, actualmente existe una tendencia clara de disminución de las frecuencias de heterótrofos a medida que la distancia a la costa es mayor, como ocurre para las muestras del núcleo salino de El Rincón (St. 29 de la transecta de El Rincón, Capítulo IV, Figura 19), y las frecuencias son más altas en la zona de aguas costeras de baja salinidad relacionadas actualmente al aporte del río Negro (ej. Sts. 34 y 32; Capítulo IV, Figura 19).

Además, en la subzona PD24-DIb (218-81 cm) en un intervalo previo a los 6.935 ¹⁴C años A.P. se registran, dentro de los ensambles de dinoquistes fototróficos, *Melitasphaeridium choanophorum* y *Lingulodinium machaerophorum*, especies consideradas mixohalinas, debido a que toleran rangos de salinidad muy amplios (0,5-30‰). Estas dos especies reflejan condiciones de temperatura de aguas templadas a cálidas, en ambientes neríticos o cercanos a la costa con influencia de descargas fluviales, en aguas estratificadas y en condiciones eutróficas (Zonneveld *et al.*, 2013). *Lingulodinium machaerophorum* es una especie que está restringida actualmente a los sedimentos de regiones con temperaturas del agua superficial de verano superiores a 10° C y temperaturas de invierno superiores a 0° C (Mertens *et al.*, 2009; Zonneveld *et al.*, 2013). Esta especie no se registra en las muestras de sedimentos actuales de

El Rincón (Borel *et al.*, en preparación) indicando diferencias en la temperatura superficial del agua. Para la plataforma continental bonaerense, condiciones de temperatura del agua de mar superiores a las actuales, vinculadas al Óptimo Climático del Holoceno, han sido inferidas a partir del análisis de moluscos para un período que se estableció alrededor de los 7.000 años A.P. previo al máximo transgresivo (Aguirre, 1995).

Los espectros polínicos de la subzona PD24-PIa (249-145 cm; PDL1-PDL2), indican la presencia de la vegetación de las marismas costeras, caracterizadas por el desarrollo de las comunidades halófilas de Chenopodiaceae y Poaceae. El registro de *Prosopis*, Anacardiaceae y Zygophyllaceae indica que elementos del Bosque xerofítico estuvieron presentes en la región desde los *ca.* 7.400 años A.P. En particular, el registro de *Ephedra ochreatea* muestra proporciones mayores a las registradas en los espectros polínicos de superficie del estuario de Bahía Blanca (Figura 15).

Por todo lo anteriormente expuesto, se infiere que la sección inferior (PDL1, PDL2 y PDL3) se habría depositado en un ambiente de plataforma interna, evidenciado por el aporte importante de sedimentos de tamaño arena media (fracción que predomina granulométricamente), a una profundidad menor que la que actualmente tiene el sitio, como lo indica la presencia de intercalaciones limo-arcillosas entre los 7.400 y los 6.900 ¹⁴C años A.P. (Holoceno temprano a medio).

La subzona polínica PD24-PIb (145-76 cm; PDL3-PDL4) datada en *ca.* 6.900 ¹⁴C años A.P. en la parte media, muestra un cambio en las comunidades halófilas. Los mayores valores de Poaceae indican un mayor desarrollo de las marismas de *Spartina* asociado a una mayor estabilidad en las planicies de marea en relación a un nivel relativo del mar más estable. Simultáneamente (Figura 29, recuadro verde) los indicadores geoquímicos Corg y Ntot muestran un pequeño incremento, la relación P/Q tiene un aumento importante y los valores de $\delta^{13}\text{C}$ crecen ligeramente, lo que sugiere un incremento en el aporte de materia orgánica proveniente de marismas vegetadas con *Spartina* (tipo C4), con respecto a las fuentes de origen marino. A los *ca.* 6.900 años el nivel relativo medio del mar se habría estabilizado permitiendo la progradación de marismas de *Spartina* lo que explicaría un aporte de polen superior al de dinoquistes (alta relación P/Q) y el incremento de Poaceae sobre Chenopodiaceae (valores máximos de P/Ch).

El registro de plantas hidrófilas (subzona PD24-PIb, 145-76; PDL3-PDL4) y de algas continentales como *Pediastrum* y Zygnemataceae (subzona PD24-DIb; 218-81 cm; PDL2-PDL3-PDL4) indica el desarrollo de cuerpos de agua en el continente, que podría estar

originado por condiciones húmedas a nivel regional. Si bien no existen datos de las condiciones climáticas regionales durante el Holoceno temprano a medio para la región costera oeste del estuario de Bahía Blanca y Bahía Anegada, los registros de los pastizales pampeanos al norte indican un clima más húmedo y cálido que el actual (Tonello y Prieto, 2010). Condiciones húmedas regionales también fueron inferidas para el Holoceno temprano a medio en una secuencia aluvial del río Quequén Grande en la Pampa Austral (Zárate *et al.*, 2000). Asimismo, en el sector de costa del sur de la provincia de Buenos Aires, al oeste de Monte Hermoso (sitios arqueológicos Pisadero, La Olla 1 y La Olla 2) varios estudios han mostrado la existencia de lagunas costeras intermedanasas con un aumento en el nivel de agua alrededor de los 7.100 ¹⁴C años A.P. (Aramayo *et al.*, 2002; Blasi *et al.*, 2013; Gutiérrez-Téllez y Schillizzi, 2002; Quattrocchio *et al.*, 2008), previo a que la transgresión holocena sobrepasara la línea de costa actual.

La zona polínica PD24-PII (76-0 cm, PDL5), sigue mostrando el desarrollo de las comunidades halófilas en los terrenos costeros, con una representación mayor de Chenopodiaceae y de Asteraceae subf. Asteroideae, y una leve disminución de Poaceae, reflejando variaciones en esas comunidades vegetales halófilas. El aumento de los tipos polínicos hidrófilos, y de esporas como *Phaeoceros*, sugiere el desarrollo en una ubicación próxima de cuerpos de agua dulceacuícolas en el área supramareal. Para la sección superior (PDL4-PDL5; 101-0 cm) el análisis sedimentológico revela un incremento en la proporción de arenas muy finas, una disminución en el contenido de arena media y la presencia de intercalaciones conchillas fragmentadas y de niveles con *Heleobia australis*. *Heleobia australis* es un gastrópodo con tolerancia a la salinidad (1-40 ‰) que vive en sustratos blandos bajo la influencia de las mareas (De Francesco e Isla, 2003). Por lo que los niveles conteniendo *H. australis* están indicando un ambiente estuarino cercano a la línea de costa. Sin embargo, en esta misma unidad litológica PDL5 hay niveles con alta concentración de restos biogénicos fragmentados demostrando que existieron intervalos de mayor energía vinculados a un ambiente litoral más alejado de la costa.

Por lo expuesto, se evidencia que los sedimentos del sector superior del testigo se depositaron en ambientes con niveles de energía muy variables, más cercanos a la línea de costa que el sector inferior, con influencia de las mareas. En la zona PD24-DII (81-0 cm; PDL5) se registran porcentajes levemente superiores de *Spiniferites mirabilis*, *S. bentorii* y *S. bulloideus* reflejando condiciones de salinidad reducida en ambientes costeros, con columna de agua mezclada y contenido de nutrientes moderados. Simultáneamente los espectros de esta zona muestran una

disminución de *Mychistridium* sp. y *Cymatiosphaera* sp., sugiriendo condiciones más restringidas.

En concordancia, otros indicadores biológicos analizados en esta secuencia como ostrácodos y diatomeas (Carbonella *et al.*, 2014) también reflejan una depositación en ambientes más someros para el sector superior de la secuencia. En el área costera, en el sitio El Cangrejal cercano a Pehuencó, se ha registrado una evolución desde ambientes lagunares a un ambiente continental salobre con vegetación arbustiva de *Frankenia* con una datación de 6.930 ¹⁴C años A.P. (Aramayo *et al.*, 2005).

El análisis sedimentológico y palinológico evidencia que los procesos sedimentarios actuantes, tanto para la sección inferior como para la sección superior del testigo, estuvieron vinculados con ambientes de energía inestables. Ésto se ve reflejado también en los cambios de la concentración polínica, indicando tasas de sedimentación variables. La secuencia de depositación refleja variaciones en la distancia a la costa relacionadas a pequeñas fluctuaciones en el nivel medio relativo del mar.

Si bien la secuencia del testigo PD24 se ha depositado durante el período transgresivo del Holoceno, con un nivel del mar en ascenso, la parte superior corresponde a condiciones más restringidas. Esta somerización mostrada por el testigo analizado puede vincularse a un nivel relativo del mar estable que originó una progradación y desarrollo de ambientes en una posición más cercana a la línea de costa. Para la costa patagónica, Schellmann y Radtke (2010) proponen, a partir del análisis de cordones de playa y terrazas litorales emergidas, la existencia de un intervalo con un NMM estable (aunque más alto que el NMM actual) entre los *ca.* 6.900-6.200 ¹⁴C años A.P. (*ca.* 6.600-7.400 cal. A.P.). Para la Plataforma Continental Argentina no existen datos de otros testigos para el área y para el intervalo analizado que provean otras evidencias respecto a la ubicación relativa del NMM.

Mediante el análisis de la edad de las valvas mejor conservadas provenientes de testigos recuperados en la Plataforma Continental Argentina por el Observatorio Geológico Lamont-Doherty a finales de los años 1.950 y principios de los 1.960; Guilderson *et al.* (2000) construyó un registro detallado de la variación del NMM desde hace 53.000 años A.P. hasta los 7.970 ±40 años A.P., cuando el NMM habría alcanzado una profundidad de 25 m, en el extremo suroriental del área de El Rincón. Los resultados obtenidos en el testigo PD24 son concordantes con lo propuesto por Guilderson *et al.* (2000) y representaría así una de las pocas evidencias registradas hasta el momento en Argentina respecto a la ubicación relativa del nivel medio del mar durante el Holoceno temprano a medio.

VIII. DISCUSIÓN GENERAL

Para establecer los cambios ocurridos durante el Holoceno en el estuario de Bahía Blanca y en el sector adyacente de plataforma que pertenece al sistema estuarino de El Rincón, se analizaron los registros palinológicos y las características granulométricas de los depósitos preservados en tres sitios ubicados a distancia creciente de la costa actual, desde el estuario medio de Bahía Blanca (Testigo CTB) hacia una posición nerítica-litoral (Testigos KP60BIS y PD24). Estos análisis y su relación con los datos ya existentes en el área costera norte del estuario de Bahía Blanca y en el área continental y costera del norte de Patagonia, posibilitaron reconstruir las condiciones paleoambientales del área desde los *ca.* 7.400 ¹⁴C años A.P. (*ca.* 8.200 cal. años A.P.) hasta los *ca.* 1.900 ¹⁴C años A.P. (1.800 cal. años A.P.) como se sintetiza en las Figuras 30 y 32.

Holoceno temprano a medio (8.200-7.500 cal. años A.P.)

Para el Holoceno temprano entre *ca.* 7.400 y los 6.900 ¹⁴C años A.P. (*ca.* 8.200-7.700 cal. años A.P.), el análisis sedimentológico evidencia que la sección inferior del testigo PD24 (localizada a *ca.* 16 m por debajo del actual NMM) fue depositada en un ambiente de plataforma interna, con fluctuaciones en la distancia a la línea de costa, relacionadas con un nivel del mar inestable. Los espectros polínicos muestran el aporte de las comunidades costeras halófilas dominadas por Chenopodiaceae. En esta sección inferior del testigo los elementos del Bosque xerofítico, las plantas hidrófilas y las esporas fúngicas están menos representados en comparación con los otros dos registros fósiles estudiados (CTB y KP60BIS), en concordancia con una depositación en una posición más distante a la costa. Así mismo, la mayor diversidad de dinoquistes registrada en PD24 indica un ambiente de costa más abierta. De acuerdo a esta reconstrucción y a los datos existentes que indican que la transgresión marina holocena sobre la actual zona costera norte del estuario de Bahía Blanca habría comenzado a los *ca.* 6.500 ¹⁴C años A.P. (González, 1989; Aramayo *et al.*, 2005; Quattrocchio *et al.*, 2008), el NMM se habría encontrado, durante la depositación de la sección inferior, por debajo del NMM actual y en ascenso durante la fase transgresiva. Sin embargo, no es totalmente claro para la región el comportamiento del NMM para este intervalo del Holoceno, que habría sido fluctuante, de acuerdo a los datos existentes en la costa norte del estuario de Bahía Blanca, como se explica más adelante. Además, no existen otros testigos de sedimentos submarinos que registren para el área este intervalo y aporten más datos. Los datos de Guilderson *et al.* (2000) para nuestra plataforma permitieron reconstruir el ascenso del NMM para un intervalo de tiempo precedente al analizado aquí, desde los 53.000 hasta los *ca.* 8.000 ¹⁴C años A.P. cuando el NMM habría

alcanzado una profundidad de 25 m por debajo del NMM actual, en el extremo suroriental del área de El Rincón.

Por otra parte, las abundancias de dinoquistes heterotróficos en la sección inferior del PD24 están indicando un importante aporte de nutrientes, relacionado a la influencia de una descarga fluvial en un ambiente nerítico/litoral. Estos resultados pueden relacionarse con estudios previos ([González Uriarte, 1984](#); [Spalletti e Isla, 2003](#); [Melo *et al.*, 2003](#); [Aliotta *et al.*, 2014](#)) que describen el desarrollo de lóbulos deltaicos en el área de estudio. El sitio donde se depositó la secuencia del testigo PD24 se habría encontrado en una posición cercana a una descarga fluvial, posiblemente próxima al denominado lóbulo 2 del paleo-delta del Colorado propuesto por [Spalletti e Isla \(2003\)](#).

En particular el registro de dinoquistes de especies fototróficas de aguas templado-cálidas en un intervalo previo a los *ca.* 6.900 ¹⁴C años A.P., estaría indicando condiciones de temperatura del agua superficial del mar (TSM) superior a las actuales, probablemente en relación con el Hipsitermal u Óptimo Climático del Holoceno registrado a nivel global entre los *ca.* 7.000/6.000 y los 4.500 años A.P. En concordancia, el estudio de los ensambles de moluscos de la región costera bonaerense y del norte de Patagonia presenta evidencias que la temperatura del agua de mar habría sido unos 2° C mayor a la actual, con una intensificación de la corriente de Brasil y de masas de agua cálidas que facilitó el desplazamiento hacia el sur de algunos taxones de bivalvos y gastrópodos ([Aguirre *et al.*, 2011](#)).

A los *ca.* 6.900 ¹⁴C años A.P. el NMM se habría estabilizado permitiendo la progradación de las marismas de *Spartina* en el área costera circundante al sitio de depositación del PD24. La sección superior del PD24 (posterior a los *ca.* 6.900 ¹⁴C años A.P. y que no tiene hasta el momento dataciones radiocarbónicas) representa un ambiente más restringido y cercano a la costa como lo reflejan los espectros palinológicos y el análisis de los sedimentos. La somerización que indica esta sección superior de la secuencia analizada puede explicarse por la progradación sedimentaria en relación a un NMM estable y el consecuente desarrollo de paleoambientes más próximos a la línea de costa. En concordancia con estos datos, [Schellmann y Radtke \(2010\)](#) proponen para la costa patagónica, a partir del análisis de cordones de playa y terrazas litorales emergidas, la existencia de un intervalo con un NMM estable que habría ocurrido entre los *ca.* 6.900-6.200 ¹⁴C años A.P. Evidencias de las fluctuaciones de poca magnitud y de la existencia de un NMM estable en un lapso de tiempo que es posiblemente equivalente a la sección superior del PD24, se presentan entre los *ca.* 6.900 y 6.500 ¹⁴C años A.P. en el sitio costero El Cangrejal cercano a Pehuencó donde se desarrolló un ambiente

colonizado por cangrejos en un *lagoon* que evolucionó a un ambiente continental salino con vegetación arbustiva, y que posteriormente fue gradando a una marisma con la presencia de tallos de *Spartina* (Aramayo *et al.*, 2005).

El registro de algas continentales como *Pediastrum* y Zygnemataceae y el aumento de esporas de briofitas y de tipos polínicos hidrófilos en la sección superior de la secuencia del PD24 indican el desarrollo de cuerpos de agua en el área supramareal, que podría estar originado por condiciones húmedas a escala regional. Si bien no existen datos de las condiciones climáticas regionales durante el Holoceno temprano a medio para la región costera oeste del estuario de Bahía Blanca y Bahía Anegada, algunos registros al norte, en la zona central de los pastizales pampeanos (sucesiones aluviales de Empalme Querandíes) y en Pampa Austral (secuencia aluvial del río Quequén Grande), indican un clima más húmedo y cálido que el actual (Zárate *et al.*, 2000; Tonello y Prieto, 2010). Coincidentemente entre los *ca.* 7.300 y 6.600 ¹⁴C años A.P. se desarrollaron cuerpos de agua continentales someros en ambientes intermedanosos, que se localizaban próximos a la costa en los sitios La Olla y Monte Hermoso I, y que actualmente están ubicados en el área intermareal de Monte Hermoso (Blasi *et al.*, 2013 y referencias allí citadas).

Holoceno medio (7.000-3.500 cal. años A.P.)

En Holoceno medio se encuentra representado tanto en la sección inferior del testigo KP60BIS como en el testigo CTB. A los *ca.* 6.100-6.000 ¹⁴C años A.P. (*ca.* 7.000-6.800 cal. años A.P.), el análisis sedimentológico y palinológico evidencia que la sección inferior del testigo KP60BIS que se obtuvo a *ca.* 11 m bajo el NMM actual, fue depositada en un ambiente nerítico interno a litoral. Los espectros polínicos muestran el aporte de comunidades halófilas costeras similares a las actuales, dominadas por Chenopodiaceae; Poaceae y Asteraceae subf. Asteroideae indicando una depositación en un ambiente próximo a las marismas. El nivel del mar habría sido inestable y las condiciones de energía variables, tal como lo evidencian el análisis sedimentológico, la presencia de los restos de conchillas de moluscos y las variaciones en las concentraciones tanto de polen como de dinoquistes. Asimismo, la pequeña inversión de las dataciones señala el posible retrabajamiento de materiales más antiguos, proceso que es común en ambientes de alta energía de la plataforma. La formación de un importante hiato se evidencia hacia arriba en este testigo entre la sección inferior (*ca.* 6.000 ¹⁴C años A.P.) y la sección media y superior (*ca.* 2.000 ¹⁴C años A.P.) posiblemente originado por un aumento en la energía del paleoambiente que originó la erosión o ausencia de sedimentación en el sitio de estudio.

El desarrollo de un ambiente litoral a la profundidad correspondiente a la sección inferior del testigo KP60BIS puede correlacionarse con los ambientes registrados en la sección inferior del Testigo PS2 datada en *ca.* 6.300 ¹⁴C años A.P. Este testigo fue extraído también desde depósitos submarinos estratificados a *ca.* 12,5 m de profundidad y a sólo 2,5 km hacia el noroeste del KP60BIS y presenta el registro de dos ventanas temporales similares y también la existencia de un hiato entre esas dos ventanas (Figura 32). Cabe destacar, que el paleoambiente reconstruido para la sección inferior del KP60BIS en base a los espectros palinológicos, y en particular en función de los ensambles de dinoquistes, indica condiciones menos restringidas que las que se reconstruyeron para la sección inferior del PS2. Esta diferencia también se ve reflejada en la sedimentología del PS2 que muestra laminaciones propias de ambientes intermareales, mientras los sedimentos del KP60BIS más arenosos y con mayor contenido de fragmentos de conchillas son indicadores de mayor energía. Además, la depositación de la sección inferior del PS2 habría ocurrido en una ventana temporal ubicada cronológicamente unos *ca.* 200 años antes que la sección inferior del KP60BIS.

Si bien debe tenerse en cuenta que las profundidades a las que se encuentran las secuencias del KP60BIS y del PS2 no pueden convertirse directamente a profundidades de depositación, por factores como la compactación de materiales finos y la amplitud de las paleomareas, los resultados paleoambientales obtenidos para ambos testigos resultan controversiales. Esta controversia resulta al tenerse en cuenta que la mayoría de los estudios realizados en zonas costeras próximas, entre los 33° y los 38° S, están indicando que el NMM se encontraba en ese tiempo por encima del actual NMM y en ascenso, y que habría alcanzado su máximo a los *ca.* 6.000 – 5.500 ¹⁴C años A.P. (González y Weiler, 1983; Cavalloto *et al.*, 2004; Cavalloto, 2002; Vilanova y Prieto, 2012). Sin embargo, Schellmann y Radtke (2010) para el área costera norte y centro de Patagonia, indican que luego de alcanzar un nivel máximo el NMM habría descendido entre *ca.* 6.200 y 6.000. Gómez *et al.* (2005, 2006) propusieron la existencia de una oscilación negativa por debajo del NMM actual de amplitud incierta y de corta duración (*ca.* 6.300 a 6.000 ¹⁴C años A.P) que explicaría la formación de estos depósitos estratificados en paleoambientes estuarinos a litorales, que se extienden regionalmente al sur del Canal Principal (Gómez y Perillo, 1995).

La predominancia de dinoquistes fototróficos, las bajas proporciones de acritarcos y la escasa a nula presencia de dinoquistes heterotróficos sugieren que la depositación de la secuencia ocurrió en un ambiente marino con poco aporte fluvial. Las bajas proporciones de algas clorofíceas y esporas fúngicas evidencian también que fue escaso el aporte de agua de

escorrentías superficiales. En esta secuencia se registran, como en el testigo PD24, quistes de dinoflagelados indicadores de condiciones de TSM ligeramente por encima de las presentes TSM para el área de El Rincón. Los valores de temperatura superiores a los actuales sugeridos por algunas especies de quistes de dinoflagelados de los testigos PD24 y KP60BIS parecen coincidir con el reporte de mayor temperatura del agua de mar indicado para Bahía Blanca y el delta del Colorado para los ca. 6.000 ¹⁴C años A.P. por [González y Weiler \(1983\)](#) y [González \(1989\)](#), en base de los análisis de $\delta^{18}\text{O}/\delta^{16}\text{O}$ en foraminíferos y conocido a nivel mundial como el Óptimo Climático del Holoceno.

Para el Holoceno medio entre los ca. 5.100 y los 4.700 ¹⁴C años A.P. (ca. 5.800-5.400 cal. años A.P.), la secuencia del testigo CTB cuya base fue obtenida a unos 4 m por debajo del NMM actual, evidencia que la depositación de los sedimentos ocurrió en un ambiente intermareal (con desarrollo de marismas) controlado por acción de las mareas. El NMM se encontraba en su fase regresiva luego de haber alcanzado el máximo transgresivo a los ca. 6.000-5.500 de acuerdo a los datos registrados en las zonas costeras del sur de la provincia de Buenos Aires ([Aramayo et al., 2005](#); [Blasi et al., 2013](#), entre otros) y del norte de la Patagonia en el complejo estuarino de San Blas ([Espinosa e Isla, 2011](#)). Los espectros polínicos de esta sección del testigo CTB permiten inferir el desarrollo de la vegetación halófila en una marisma media a alta. Los aportes de los elementos del Bosque xerofítico evidencian la presencia de la vegetación regional. Los ensambles de dinoquistes fototróficos, heterotróficos y de acritarcos indican un ambiente costero caracterizado por un aporte moderado de nutrientes procedentes de una descarga fluvial próxima.

A los ca. 4.700 ¹⁴C años A.P. (5.400 cal. años A.P.) el registro polínico de la secuencia del testigo CTB revela un cambio en el desarrollo de las comunidades halófilas de una marisma media-alta a una marisma media-baja colonizada por *Spartina*, y la presencia de cuerpos de agua dulce a salobre en el área supramareal. El desarrollo de planicies de marea más estables y amplias, colonizadas por *S. alterniflora*, posiblemente relacionadas a ambientes menos restringidos con menor salinidad, se refleja también en el cambio granulométrico con una mayor proporción de arena media y gruesa. Este cambio en el sitio de estudio del CTB hacia una posición más externa en el paleoestuario podría indicar una corta oscilación de ascenso del NMM seguida por un intervalo de estabilidad del mismo, superpuesto a la fase regresiva. Un NMM sin variaciones importantes habría permitido la estabilidad de las planicies de marea permitiendo la colonización y desarrollo de *Spartina*.

Las variaciones sedimentológicas y la presencia de laminaciones evidencian ambientes con oscilaciones en los niveles de energía. Los ensambles de dinoquistes señalan que la secuencia fue depositada en un ambiente estuarino, con una disminución en el contenido de nutrientes, en relación a un menor aporte fluvial. Esta secuencia CTB de unos 4,5 m de espesor es correlacionable sedimentológicamente y cronológicamente con la secuencia obtenida en el testigo RMP (Pratolongo *et al.*, 2016a) en el margen oeste del estuario de Bahía Blanca a unos 10 km al noroeste del CTB (Figura 31). En el Canal del Medio, a unos 5 km al norte del CTB, se registra un depósito de unos 3 m de espesor de sedimentos correspondientes a ambientes intermareales datados en *ca.* 3.500 ¹⁴C años A.P. (Borel y Gómez, 2006). Asimismo, en la desembocadura del arroyo Napostá en el estuario interno también se produjo una sedimentación fina entre los *ca.* 5.100 y los 3.500 ¹⁴C años A.P. que originó un depósito de unos 2 m de espesor (Quattrocchio *et al.*, 2008, Borel *et al.*, 2011). Una progradación importante como consecuencia del descenso gradual del NMM durante la fase regresiva y de la disponibilidad de sedimentos finos, produjo la depositación de estas secuencias originadas durante el Holoceno medio en un intervalo previo a los *ca.* 3.000 años A. P.

Holoceno tardío (últimos 3.500 cal. años A.P.)

El Holoceno tardío está representado en dos secuencias: en las secciones media y superior del testigo KP60BIS y en la unidad litológica TBL7 del testigo CTB. Posteriormente a los *ca.* 3.100 ¹⁴C años A.P. (*ca.* 3.300 cal. años A.P.), los espectros polínicos del testigo CTB muestran un cambio con mayor desarrollo de comunidades halófilas de una marisma alta y la posible expansión de suelos salinos supramareales colonizados por halófilas, en condiciones de menor energía y más estables. Los ensambles de dinoquistes evidencian un nivel de nutrientes bajo relacionado a la ausencia de *input* fluvial.

A los *ca.* 2.200-1.900 ¹⁴C años A.P. (2.200-1.800 cal. años A.P.), los espectros polínicos del testigo KP60BIS indican la presencia de las comunidades halófilas en la región costera con aporte de los elementos del Bosque xerofítico y de las plantas hidrófilas desarrolladas en zonas aledañas al sitio de estudio. El análisis sedimentológico representa ambientes cercanos a la línea de costa, con variabilidad en las condiciones de energía. La diversidad de dinoquistes heterotróficos registrados en la parte media y superior del testigo KP60BIS está indicando una alta paleoproduktividad, en relación a un contenido importante de nutrientes y bajos valores de salinidad, vinculados con la presencia de una descarga fluvial en un ambiente estuarino. Entre los *ca.* 2.000 y los 500 cal. años A.P. las inferencias climáticas basadas en reconstrucciones cuantitativas polínicas para el sitio Arroyo Sauce Chico, sudoeste de los pastizales pampeanos,

indican condiciones subhúmedas secas con valores anuales de precipitaciones unos *ca.* 100 mm superiores al actual valor promedio de precipitaciones anuales (Tonello y Prieto, 2010). Para todo el Holoceno tardío (desde los 3.000 años cal. A.P.), los registros de Bajo de la Quinta (norte del Golfo San Matías) indican un incremento de la humedad cuyo origen fue explicado por un debilitamiento de los vientos del oeste en el noreste de Patagonia (Marcos *et al.*, 2011, 2012, 2014). También en el noreste de Patagonia (Figura 31) los registros en Salina Anzoátegui, Salina Piedra y Salina Inglés (Schäbitz, 1994; 2003) revelan un leve aumento en los valores de las precipitaciones para el Holoceno tardío (desde los 3.000 años cal hasta los *ca.* 800-500 años cal.) aunque por debajo de los valores actuales.

Para el Holoceno tardío los resultados obtenidos en la sección superior del testigo KP60BIS, coinciden con las interpretaciones realizadas para el testigo PS2, que muestran que los sedimentos se depositaron en condiciones estuarinas Gómez *et al.* (2005; 2006). Nuevamente la presencia de paleoambientes estuarinos a profundidades de *ca.* 10 m, como se reconstruye para las secciones superiores del KP60BIS y del PS2, resulta de difícil explicación si se tiene en cuenta que las curvas del NMM propuestas para la costa bonaerense indican un descenso gradual desde el máximo transgresivo del Holoceno medio (a los *ca.* 6.000-5.500) hasta alcanzar el presente NMM, pero siempre encontrándose por encima del NMM actual durante esta fase regresiva. La explicación presentada por Gómez *et al.* (2005; 2006) implica una oscilación corta del NMM por debajo del actual NMM superpuesta a la fase regresiva y que podría estar originada en ciclos climáticos de corta duración. En concordancia, Isla (2013) también propone la existencia de un descenso del NMM a partir de las dataciones recopiladas para el norte de Patagonia. En los depósitos aluviales de la desembocadura del arroyo Claromecó, en la costa sur de provincia de Buenos Aires, unos 300 km al este de la ubicación del KP60BIS (Figura 31), se evidencia un notable descenso del nivel de base que llevó a la formación de un canal fluvial importante cortando los depósitos aluviales más antiguos. Este evento fue ubicado cronológicamente, mediante las dataciones de los sedimentos que rellenan dicho canal, en *ca.* 2.500 años A.P. y puede explicarse por un descenso del NMM (Vilanova *et al.*, 2010). A escala global se evidencia un cambio en torno a los 2.700 años cal. A.P. ocasionado por cambios en la radiación solar. Como consecuencia de la reducción de la insolación y el aumento de carbono atmosférico se habría producido la re-localización de las celdas de circulación atmosférica hacia el Ecuador y un cambio en los regímenes de circulación de los vientos (Van Geel *et al.*, 2000). Además los estudios realizados para Patagonia identifican un

intervalo de descenso del NMM a los 2.600-2.400 ¹⁴C años A.P (Schellmann y Radtke, 2010) que pueden relacionarse con el evento identificado en el área del estuario de Bahía Blanca.

Edad ¹⁴ C años A.P.	PALEOAMBIENTES								
	Testigo CTB			Testigo PD24			Testigo KP60BIS		
	Sedimentología	Polen	Palin. marinos	Sedimentología	Polen	Palin. marinos	Sedimentología	Polen	Palin. marinos
1.000									
2.000	1.950 ± 60 2.220 ± 40						Aumento en condiciones de energía e inestabilidad		Amb. costero poco profundo (8)
3.000	3.188 ± 40	Condiciones de menor energía y más estables	Com. halófila de marisma alta, aumento de salinidad	Ausencia de aporte fluvial, bajo contenido de nutrientes			Condiciones más estables, y de menor energía ?	Com. halófila de marisma (6). Mayor proximidad a la costa	Condiciones estuarinas con salinidad reducida (7)
4.000		Condiciones de mayor energía en posición más externa en el estuario	Marisma media baja (3) y com. hidrófilas de cuerpos de agua dulce a salobres someros en el área supramareal	Menor contenido de nutrientes					
5.000	4.760 ± 40 5.090 ± 40	Condiciones de energía oscilante	Com. halófila de marisma media-alta (2)	Amb. estuarino restringido (1)					
6.000	5.980 ± 40						Condiciones inestables, tasas de sedimentación variable. Cambio a condiciones de menor energía	Com. halófila de marisma (6) desde una distancia menor a la línea de costa	Amb. transicional/costero, menor salinidad
7.000	6.935 ± 40 7.410 ± 40			?	Com. halófila (3) con aporte de Bx y de com. hidrófila	Amb. costero restringido	Mayores niveles de energía	Com. halófila con aporte de Bx (5)	Amb. marino/transicional, salinidad alta
				Condiciones de energía estable	Com. halófila costera con aporte de Bx	Amb. nerítico/costero (7)			
				Plataforma interna (4)					

1. De poca profundidad, rico en nutrientes asociado a descarga fluvial.
2. Valores de salinidades variables ligados a una posición restringida, parte interna del paleoestuario.
3. Colonización de *Spartina*.
4. Descarga fluvial cercana (aporte de limos y arcillas).
Com. : Comunidad. Bx.: Bosque xerofítico.

5. Escaso aporte de com. hidrófilas.
6. Con mayor aporte del Bx y de com. hidrófilas.
7. Alta productividad relacionada con un importante contenido de nutrientes.
8. Con condiciones inestables, de mezcla en la columna de agua.

Figura 30. Resumen de la interpretación paleoambiental de los Testigos CTB, PD24 y KP60BIS estudiados en esta Tesis.

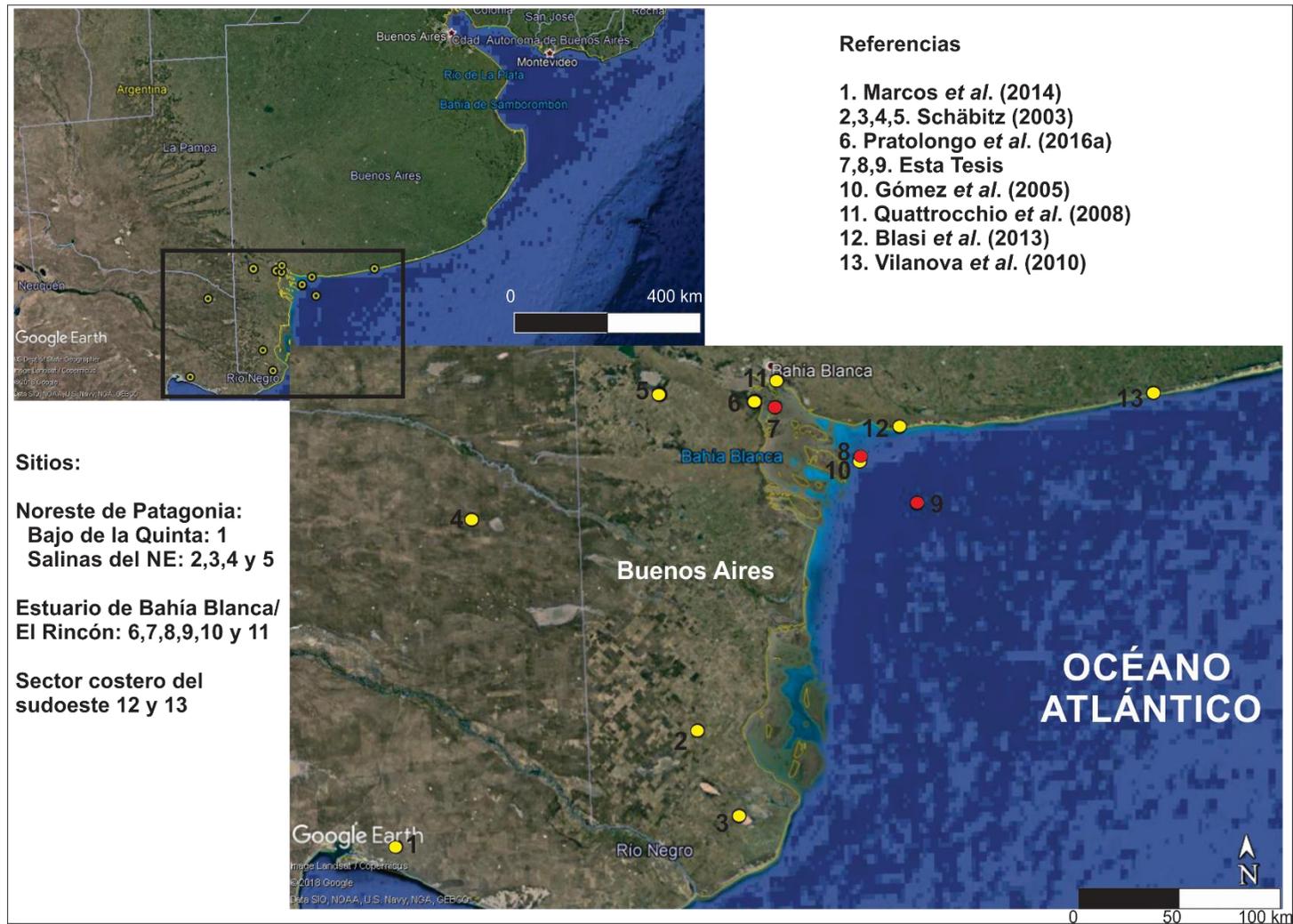


Figura 31. Mapa de ubicación de los sitios mencionados en la comparación paleoambiental regional: 1. Bajo de la Quinta; 2. Salina Piedra; 3. Salina Inglés; 4. Salina Anzoátegui; 5. Salinas Chicas; 6. Testigo RMP; 7. Testigo CTB; 8. Testigo KP60BIS; 9. Testigo PD24; 10. Testigo PS2; 11. Desemboc. Arroyo Napostá Grande; 12. Sitio La Olla; 13. Arroyo Claromecó.

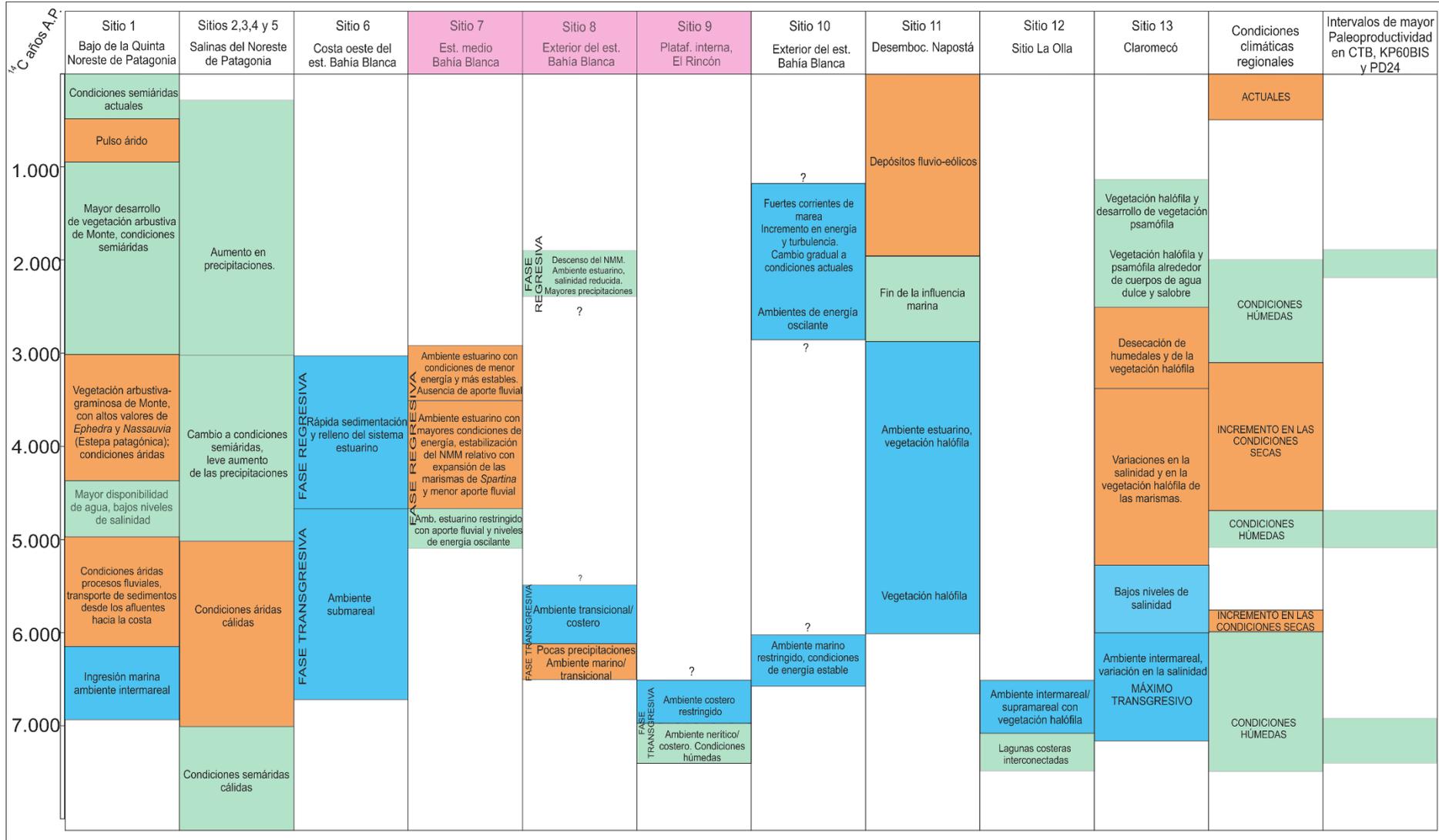


Figura 32. Comparación de los cambios paleoambientales reconstruidos en esta Tesis (Sitios 7, 8 y 9) con otros estudios regionales durante el Holoceno.

IX. CONCLUSIONES

- El análisis palinológico de las muestras de sedimentos superficiales permitió relacionar la distribución del polen con las principales unidades de vegetación desarrolladas en el sector medio-interno del estuario de Bahía Blanca, y también vincular los ensambles de los quistes de dinoflagelados y acritarcos con las características oceanográficas del estuario y de la zona de plataforma adyacente (área de El Rincón). En particular, el análisis polínico de las muestras superficiales refleja la presencia de las marismas de las zonas intermareales y de las comunidades halófilas presentes en el área costera adyacente y sectores más altos de las islas. Los espectros polínicos permitieron distinguir en el sector medio del estuario de Bahía Blanca las marismas con un amplio desarrollo de *Spartina alterniflora* en sitios costeros con poca erosión, de las marismas dominadas por *Sarcocornia perennis* desarrolladas sobre las zonas intermareales superiores en los canales de marea internos que migran originando condiciones de mayor inestabilidad y salinidad, en comparación con los sitios costeros de mar abierto.
- El análisis de los registros sedimentológicos y de los espectros palinológicos de las secuencias holocenas del estuario de Bahía Blanca y del sector adyacente de Plataforma (sistema estuarino de El Rincón), permitió interpretar la historia paleoambiental y paleoceanográfica de esta zona costera del sudoeste de la provincia de Buenos Aires.
- Los espectros polínicos de los tres testigos estudiados permitieron inferir que la vegetación estuvo conformada localmente por comunidades halófilas con la presencia regional del Bosque xerofítico desde los *ca.* 7.500 ¹⁴C años A.P. (8.200 cal. años A.P.). Asimismo, esos espectros evidenciaron intervalos con mayor estabilidad de las planicies de marea permitiendo un mayor desarrollo de las marismas de *Spartina*, vinculados a un NMM relativo más estable. Uno de esos intervalos fue reconocido a los *ca.* 6.900 ¹⁴C años A.P. (7.700 cal. años A.P.) y el otro a los *ca.* 4.700-4.100 ¹⁴C años A.P. (5.400-4.500 cal. años A.P.).

- El análisis sedimentológico de las secuencias estudiadas permitió establecer los procesos de transporte dominantes y las variaciones en las condiciones de energía vinculados a la depositación en cada uno de los sub-ambientes registrados en la zona costera y nerítica.
- El análisis palinológico, sedimentológico y geoquímico de la sección inferior del Testigo PD24 reflejó que su depositación ocurrió desde los *ca.* 7.400 ¹⁴C años A.P., con aportes fluviales en un ambiente de plataforma interna (litoral-nerítico) con un NMM inestable, localizado en una posición por debajo del nivel del mar actual y en ascenso. A los *ca.* 6.900 ¹⁴C años A.P. el NMM se habría estabilizado posibilitando la expansión de marismas de *Spartina*, durante el hemiciclo transgresivo holocénico y con un NMM que se encontraba aún por debajo de su posición actual. No existen prácticamente datos de otros testigos de la plataforma continental para el Holoceno temprano, con excepción de los testigos analizados en [Guilderson et al., \(2000\)](#). Con posterioridad a los *ca.* 6.900 ¹⁴C años A.P. el paleoambiente del sitio PD24 se hace más somero y restringido (estuarino) con niveles de energía variables.
- El análisis palinológico y sedimentológico del Testigo KP60BIS evidencia la existencia de dos ventanas temporales. La sección inferior que corresponde a la primera ventana temporal en el Holoceno medio (*ca.* 6.100-6.000 ¹⁴C años A.P.) indica que su depositación ocurrió en un ambiente marino transicional, controlado por altos niveles de energía, bajo un NMM inestable, con pocos aportes de escorrentía y escaso desarrollo de cuerpos de agua dulce y humedales costeros. Las tasas de sedimentación habrían sido variables, en un escenario intermedio entre ambiente nerítico interno y costero, con influencia de las comunidades halófilas procedentes de las marismas circundantes.
- La sección superior del Testigo KP60BIS, corresponde a una segunda ventana temporal en el Holoceno tardío, a los *ca.* 2.200-1.900 ¹⁴C años A.P. De acuerdo al análisis palinológico y sedimentológico representa un ambiente costero somero (estuarino) con condiciones oscilantes de energía, con influencia de la vegetación de las comunidades halófilas, del Bosque xerofítico y de algas, esporas y tipos hidrófilos. Una descarga fluvial cercana habría originado un contenido de nutrientes importante en el agua de mar. Estas características paleoambientales indican un incremento de la humedad en la región continental próxima al sitio, para el lapso de tiempo del Holoceno tardío registrado en la parte superior del

testigo. Este cambio ambiental a condiciones climáticas de mayores precipitaciones ha sido también documentado en otros sitios del noreste de Patagonia.

- El Testigo KP60BIS evidencia la existencia de un hiato importante, indicador de condiciones ambientales de mayor energía que causaron erosión en los sedimentos o ausencia de sedimentación para el intervalo comprendido entre las dos ventanas temporales mencionadas anteriormente (intervalo comprendido entre los *ca.* 6.000 y los *ca.* 2.200 años A.P.).
- El análisis palinológico, sedimentológico y de correspondencia realizado en el Testigo CTB indica que su depositación ocurrió en un ambiente costero poco profundo (estuario), controlado por acción de las mareas con niveles de energía oscilantes entre los *ca.* 5.100 y los 4.700 ¹⁴C años A.P. Los espectros polínicos para ese intervalo tienen correspondencia con las muestras de las actuales marismas media-altas del estuario de Bahía Blanca. Los niveles de nutrientes habrían sido moderados y se habrían asociado a la influencia de una descarga fluvial posiblemente del paleo-río Colorado.
- El análisis palinológico, sedimentológico y de correspondencia evidencia que la secuencia del CTB a partir de los *ca.* 4.700 ¹⁴C años A.P., se depositó en un ambiente estuarino más externo, con menor contenido de nutrientes, condiciones de salinidad variables y un nivel de energía más estable, pero aún con fluctuaciones como muestran las variaciones de las concentraciones de polen y dinoquistes. En particular, se infiere un cambio en las comunidades halófilas con la presencia de una marisma media-baja de *Spartina* en concordancia con un aumento de fracciones granulométricas más gruesas que indica condiciones de mayor energía, posiblemente vinculadas al cambio a una posición más externa del sitio de estudio en el paleoestuario. Esto es compatible con un NMM relativo más estable. A los *ca.* 3.100 ¹⁴C años A.P., se evidencian condiciones de depositación en una zona submareal a intermareal con menores niveles de energía durante la fase regresiva del NMM, con pocos nutrientes, ausencia de aportes fluviales y sedimentación progresivamente más rápida. El aporte polínico de las paleocomunidades vegetacionales permite inferir una expansión de los suelos salinos y de las comunidades halófilas locales de marisma alta. Estas características señalan que la sección superior del CTB corresponde a una importante progradación de las planicies de marea ocurrida durante la fase regresiva del NMM.

- Los intervalos de mayor productividad (revelados por los ensambles de dinoquistes) se correlacionan con ciclos húmedos reconocidos previamente a nivel regional en sitios del sudoeste bonaerense y noreste de Patagonia. Esta relación positiva sugiere que el aumento en la paleoproduktividad biológica fue soportado por el ingreso de nutrientes a través de un caudal fluvial importante. Estos intervalos se evidencian en las tres secuencias; en la secuencia PD24 entre los *ca.* 7.400 y los 6.900 ¹⁴C años A.P., en la secuencia CTB entre los *ca.* 5.100 y los 4.700 ¹⁴C años A.P. y en la secuencia KP60BIS entre los *ca.* 2.200 y los 1.900 ¹⁴C años A.P.
- El análisis de los registros polínicos, y de dinoquistes y otros PNPs (algas, acritarcos, esporas fúngicas y elementos del zooplancton) permitió reconocer a una escala de cientos de años las variaciones en las condiciones paleoambientales para realizar una reconstrucción más ajustada de la evolución del estuario de Bahía Blanca y del sector adyacente de Plataforma (sistema estuarino de El Rincón) desde el Holoceno temprano hasta el Holoceno tardío, brindando aportes para posibles estudios futuros con mayor detalle a nivel geocronológico.

X. BIBLIOGRAFÍA

Aguirre, M.L., 1992. Caracterización faunística del Cuaternario marino del noroeste de la Provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 47: 31-54.

Aguirre, M.L., 1995. Cambios ambientales en la región costera Bonaerense durante el Cuaternario tardío. Evidencias malacológicas. *Actas IV Jornadas Geológicas y Geofísicas Bonaerenses, Junin*, 1: 35-45.

Aguirre, M.L. y Farinati, E.A., 2000. Aspectos sistemáticos, de distribución y paleoambientales de *Littoridina australis* (D'Orbigny, 1835) (Mesogastropoda) en el Cuaternario marino de Argentina (Sudamérica). *Geobios*, 33: 569–597.

Aguirre, M.L. y Whatley, R.C., 1995. Late Quaternary marginal marine deposits and palaeoenvironments from northeastern Buenos Aires Province, Argentina: a review. *Quaternary Science Review*, 14: 223-254.

Aguirre, M.L., Donato, M., Richiano, S. y Farinati, E.A., 2011. Pleistocene and Holocene interglacial molluscan assemblages from Patagonian and Bonaerensian littoral (Argentina, SW Atlantic): Palaeobiodiversity and palaeobiogeography. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 308: 277-292.

Akselman, R., 1987. Quistes planctónicos de dinofíceas en áreas de Plataforma del Atlántico Sudoccidental. I. Reporte taxonómico de familia Peridiniaceae Ehrenberg. *Boletim do Instituto Oceanográfico, S. Paulo*, 35: 17-32.

Akselman, R., 1999. Abundancia y distribución temporal de quistes de reposo de dinoflagelados en sedimentos recientes de una estación fija en la plataforma frente a Mar del Plata, Argentina. *3º Congreso Latinoamericano sobre Ciencias del Mar, Trujillo, Perú. Libro de resúmenes ampliados*: 323-324.

Akselman, R., Krock, B., Alpermann, T.J., Tillmann, U., Borel C.M., Almandoz, G.O. y Ferrario, M.E., 2015. *Protoceratium reticulatum* (Dinophyceae) in the austral Southwestern Atlantic and the first report on YTX-production in shelf waters of Argentina. *Harmful Algae*, 45: 40–52.

Aliotta, S. y Farinati, E.A., 1990. Stratigraphy of Holocene sand-shell ridges in the Bahía Blanca Estuary, Argentina. *Marine Geology*, 94: 353-360.

Aliotta, S., Spagnuolo, J.O., Ginsberg, S.S. y Gelós, E.M., 1999. Sedimentos de fondo-subfondo y aspectos geomorfológicos de la plataforma continental entre el estuario de Bahía

Blanca y Bahía Anegada, provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología*, 6: 19-35.

Aliotta, S., Ginsberg, S.S., Spagnuolo, J.O., Farinati, E., Giagante, D. y Vecchi, L.G., 2013. Late Quaternary in a South Atlantic estuarine system: stratigraphic and paleontologic indicators of coastal evolution. *Journal of South American Earth Sciences*, 45: 194-208.

Aliotta, S., Ginsberg, S.S., Giagante, D., Vecchi, L.G., Salvatierra, M.M., 2014. Seismic stratigraphy of Pleistocene deltaic deposits in Bahía Blanca Estuary, Argentina. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 86: 649-662.

Aramayo, S.A., Schillizzi, R.A. y Gutiérrez Téllez, B.M., 2002. Evolución paleoambiental del cuaternario en la costa atlántica del sur de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 15: 95-104.

Aramayo, S.A., Gutiérrez Téllez, B. y Schillizzi, R.A., 2005. Sedimentologic and paleontologic study of the southeast coast of Buenos Aires province, Argentina: A Late Pleistocene-Holocene paleoenvironmental reconstruction. *Journal of South American Earth Sciences*, 20: 65-71.

Balech, E., 1964. El Plancton de Mar del Plata durante el período 1961-1962 (Buenos Aires, Argentina). *Universidades Nacionales de Buenos Aires, La Plata y del Sur. P. E. de la Provincia de Buenos Aires. Boletín del Instituto de Biología Marina*, 4: 1-64.

Barrientos, G. y Perez, S.I., 2005. Was there a population replacement during the Late mid-Holocene in the southeastern Pampas of Argentina? Archaeological evidence and paleoecological basis. *Quaternary International*, 132: 95-105.

Bayer, S.M., Gordillo, S. y Morsan, E., 2014. The Relictual Population of the Purple Clam *Amiantis purpurata* (L.) in Northern Patagonia (Argentina): The History of a Warm-Temperate-Water Neogene Survivor. *Ameghiniana*, 51: 333-343.

Blackburn, S.I., Hallegraeff, G.M. y Bolch, C.J., 1989. Vegetative reproduction and sexual life cycle of the toxic dinoflagellate *Gymnodinium catenatum* from Tasmania, Australia. *Journal of Phycology*, 25: 577-590.

Blasi, A., 1988. Argilominerales en sedimentos fluviales del río Colorado, República Argentina. Composición, mineralogía y evolución en la dirección de transporte. *Revista Museo de La Plata, nueva serie, Geología*, 10: 113-125.

- Blasi, A., Politis, G. y Bayón, C., 2013. Palaeoenvironmental reconstruction of La Olla, a Holocene archaeological site in the Pampean coast (Argentina). *Journal of Archaeological Science*, 40: 1554-1567.
- Bolinder, K., Niklaa, K. y Rydin, C., 2015. Aerodynamics and pollen ultrastructure in *Ephedra*. *American Journal of Botany*, 102: 457-470.
- Bonnet, S., De Vernal, A., Gersonde, R. y Lembke-Jene, L., 2012. Modern distribution of dinocysts from the North Pacific Ocean (37-64°N, 144°E-148°W) in relation to hydrographic conditions, sea-ice and productivity. *Marine Micropaleontology*, 84-85: 87-113.
- Borel, C.M., 2007. Algas no silíceas y acritarcos de depósitos costeros holocenos en el arroyo La Ballenera, Buenos Aires, Argentina. *Ameghiniana*, 44: 359-366.
- Borel, C.M., 2009. Diversidad y distribución de quistes de dinoflagelados de pared orgánica en sedimentos estuarinos a oceánicos modernos del Atlántico Sudoccidental (Argentina). *XIV Simposio Argentino de Paleobotánica y Palinología, Mar del Plata*, Libro de Resúmenes: 35.
- Borel, C.M. y Gómez, E.A., 2006. Palinología del Holoceno del Canal del Medio, estuario de Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina. *Ameghiniana*, 43: 399-412.
- Borel, C.M. y Gómez, E.A., 2009. Registro de quistes de dinoflagelados en sedimentos superficiales de actuales planicies de marea (estuario interno de Bahía Blanca, Argentina). *VII Jornadas Nacionales de Ciencias del Mar, Bahía Blanca*, Libro de Resúmenes: 207.
- Borel, C.M., Guerstein, G.R. y Prieto, A.R., 2003. Palinomorfos acuáticos (algas y acritarcos) del Holoceno de la laguna Hinojales (Buenos Aires, Argentina): interpretación paleoecológica. *Ameghiniana*, 40: 531-544.
- Borel, C.M., Cervellini, P.M. y Guerstein, G.R., 2006. Quistes de dinoflagelados de sedimentos holocenos y dinoflagelados modernos del estuario de Bahía Blanca, Argentina. *Geoacta*, 31: 23-31.
- Borel, C. M., Martínez, D. E. y Gómez, E. A., 2011. Ambientes y cambios del nivel del mar en el área costera del estuario de Bahía Blanca (Buenos Aires, Argentina) durante el Holoceno medio. *Reunión Anual de Comunicaciones de la Asociación Paleontológica Argentina y Ciclo de Conferencias "Vida y Obra de Florentino Ameghino"*, Luján, Libro de Resúmenes: 20-21.
- Borel, C.M., Barrera, F., Franco, D.A., Koch, B., Krock, B., Gómez, E.A., Lara, R. (en preparación). Organic-walled dinoflagellate cysts in surface sediments from the El Rincón area (SW Atlantic, Northern Argentina shelf): tracers of present sea-surface conditions.

- Borromei, A.M. y Quattrocchio, M., 2001. Palynological study of Holocene marine sediments from Bahía Lapataia, Beagle Channel, Tierra del Fuego, Argentina. *Revista Española de Micropaleontología*, 33: 61-70.
- Burgos, J. y Vidal, A., 1951. Los climas de la República Argentina según la nueva clasificación de Thorntwite. *Meteoros*, 1: 3-33.
- Cabrera, A. L., 1976. "Regiones fitogeográficas argentinas". *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería*. Fascículo 1, tomo II, segunda Edición. Editorial ACME S.A.C.I. Buenos Aires, 85 pp.
- Cabrera, A.L y Zandini, E.M., 1978. *Manual de la flora de los alrededores de Buenos Aires*. Buenos Aires: ACME S.A.C.I.
- Calvo Marcilese, L., Cusminsky, G.C. y Gómez, E.A., 2011. Asociaciones de foraminíferos bentónicos en secciones holocenas del estuario de Bahía Blanca (Buenos Aires, Argentina). Caracterización paleoambiental. *Ameghiniana*, 48: 210-225.
- Calvo Marcilese, L. y Pratolongo, P., 2009. Foraminíferos de marismas y llanuras de marea del estuario de Bahía Blanca, Argentina: distribución e implicaciones ambientales. *Revista Española de Micropaleontología*, 41: 315-332.
- Candel, M.S. y Borromei, A.M., 2013. Caracterización taxonómica y paleoecológica de la ingesión del Holoceno en el Canal Beagle (Tierra del Fuego) en base a las asociaciones de dinoquistes y otros palinomorfos acuáticos. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 16: 245-262.
- Candel, M.S., Borromei, A.M., Martínez, M.A. y Bujalesky, G., 2013. Palynofacies Analysis of Surface Sediments from the Beagle Channel and Its Application as Modern Analogues for Holocene Records of Tierra del Fuego, Argentina. *Palynology*, 37: 62-76.
- Candel, M.S., Borromei, A.M., Martínez M.A., Gordillo S., Quattrocchio M. y Rabassa J., 2009. Middle–Late Holocene palynology and marine mollusks from Archipiélago Cormoranes area, Beagle Channel, southern Tierra del Fuego, Argentina. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 273: 111-122.
- Candel, M.S., Martínez, M.A. y Borromei, A.M., 2011. Palinología y palinofacies de una secuencia marina del Holoceno medio-tardío: albufera Lanushuaia, Canal Beagle, Tierra de Fuego, Argentina. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 14: 297-310.

- Carbonella, J.C., Kihn, R.G., Gómez, E.A. y Cuadrado, D.G., 2014. Análisis *multiproxie* de un testigo obtenido en la Plataforma Continental Argentina, área de El Rincón. *XIV Reunión Argentina de Sedimentología*, Puerto Madryn. Resumen: 63.
- Cavallotto, J.L., 2002. Evolución holocena de la llanura costera del margen sur del Río de la Plata. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 57: 376-388.
- Cavallotto, J.L., Parker, G. y Violante, R.A., 1995. Relative sea-level changes in the Río de la Plata during the Holocene. IGCP Projects 375, Late Quaternary coastal records of rapid change: application to present and future conditions. *2nd Annual Meeting*, Antofagasta, Chile, Abstract: 19-20.
- Cavallotto, J.L., Violante, R. y Parker, G., 2004. Sea-level fluctuations during the last 8600 years in the de la Plata river (Argentina). *Quaternary International*, 114: 155-165.
- Codignotto, J.O., Kokot, R.R. y Marcomini, S.C., 1992. Neotectonism and sea-level changes in the zone of Argentina. *Journal of Coastal Research*, 8: 125-133.
- Cuadrado, D.G., Piccolo, M.C. y Perillo, G.M.E., 2002. Hydrography of the inner shelf offshore Bahía Blanca Estuary, Argentina. *Thalassas*, 18: 45-56.
- Dale, B., 1983. Dinoflagellate resting cyst ecology: benthic plankton. En: Fryxell, G.A. (Ed.), *Survival strategies of the algae*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 69-136.
- Dale, B., 1996. Dinoflagellate cysts ecology: modelling and geological applications.. En: *Palynology: principles and applications*. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, pp. 1249-1275.
- Dale, B., 2009. Eutrophication signals in the sedimentary record of dinoflagellate cysts in the coastal waters. *Journal of Sea Research*, 61: 103-113.
- Dale, B., Dale, A.L. y Fred, J.J.H., 2002. Dinoflagellate cysts as environmental indicators in surface sediments from the Congo deep-sea fan and adjacent regions. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 185: 309-338.
- Dale, B. y Fjellsa, A., 1994. Dinoflagellate cysts as paleoproductivity indicators: State of the art, potential, and limits. En: Zahn R., Pedersen T.F., Kaminski M.A., Labeyrie L. (Eds.), *Carbon Cycling in the Glacial Ocean: Constraints on the Ocean's Role in Global Change*. Springer, Berlin: NATO ASI Series I: Global Environmental Change, pp. 521-537.

- De Francesco, C.G. y Isla, F.I., 2003. Distribution and abundance of hydrobiid snails in a mixed estuary and a coastal lagoon, Argentina. *Estuaries*, 26: 790-797.
- De Vernal, A., Goyette, C. y Rodrigues, C., 1989. Contribution palynostratigraphique (dinokystes, pollen et spores) à la connaissance de la mer de Champlain: coupe de Saint-Césaire, Québec. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 26: 2450-2464.
- De Vernal, A. Londeix, L., Mudie, P.J., Harland, R., Morzadec-Kerfourn, M.T., Turon, J.-L. y Wrenn, J.H., 1992. Quaternary organic-walled dinoflagellate cysts of the North Atlantic Ocean and adjacent seas: ecostratigraphy and biostratigraphy. En: Head, M.J., Wrenn J.H. (Eds.), *Neogene and Quaternary dinoflagellate cysts and acritarchs*. Dallas, U.S.A.: *American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation*, pp. 289-328.
- Dodge, J.D., 1989. Some revisions of the family Gonyaulacaceae (Dinophyceae) based on a scanning electron microscope study. *Botanica Marina*, 32: 275-298.
- Dotzler, N., Taylor, T.N. y Krings, M., 2007. A prasinophycean alga of the genus *Cymatiosphaera* in the Early Devonian Rhynie chert. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 147: 106-111.
- Dyer, K.R., 1973. *Estuaries: A physical introduction*. New York and London: Wiley-Interscience.
- Edwards, L.E. y Andrieu, V.A.S., 1992. Distribution of selected dinoflagellate cysts in modern marine sediments. En: Head, M.J., Wrenn, J.H. (Eds.), *Neogene and Quaternary Dinoflagellate Cysts and Acritarchs*. Dallas, U.S.A: *American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation*, pp. 259-288.
- Ellegaard, M., Lewis, J. y Harding, I., 2002. Cyst-theca relationship, life cycle, and effects of temperature salinity on the cyst morphology of *Gonyaulax baltica* sp. nov (Dinophyceae) from the Baltic Sea area. *Journal of Phycology*, 38: 775-789.
- Esper, O. y Zonneveld, K.A.F., 2002. Distribution of organic-walled dinoflagellate cysts in surface sediments of the Southern Ocean (eastern Atlantic sector) between the Subtropical Front and the Weddell Gyre. *Marine Micropaleontology*, 46: 177-208.
- Espinosa, M.A. e Isla, F., 2011. Diatom and sedimentary record during the Mid-Holocene evolution of the San Blas Estuarine Complex, Northern Patagonia, Argentina. *Ameghiniana*, 48: 411-423.

- Faegri, K. y Van Der Pijl, L., 1979. *Principles of Pollination Ecology*. Third Edition ed. New York: Pergamon.
- Farinati, E.A., 1985. Radiocarbon dating of Holocene marine deposits, Bahía Blanca area, Buenos Aires Province, Argentina. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*, 3: 197-206.
- Farquhar, G., Ehleringer, J.R. y Hubick, K.T., 1989. Carbon isotope discrimination and photosynthesis. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 40: 503-537.
- Fiori, S.M. y Carcedo, M.C., 2011. Estado actual del conocimiento sobre *Heleobia australis* y perspectivas futuras. *Sociedad Malacológica de Chile (SMACH) - Amici Molluscarum, Boletín Especial*, 11:28-29.
- Folk, R.L., 1974. *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hemphill Publishing Co. Austin, US (TX): The University of Texas at Austin.
- Fontana, S.L., 2005. Holocene vegetation history and palaeoenvironmental conditions on the temperate Atlantic coast of Argentina, as inferred from multi-proxy lacustrine records. *Journal of Paleolimnology*, 34: 445-449.
- Freije, R.H. y Marcovecchio, J., 2004. Oceanografía química. En: Hoffmeyer, M. y Piccolo M. C. (Eds.), *Ecosistema del Estuario de Bahía Blanca*. Bahía Blanca: Universidad Nacional del Sur, pp. 69-78.
- García-Rodríguez, F., Piovano, E., del Puerto, L., Inda, H., Stutz, S., Bracco, R., Panario, D. Córdoba, F. Sylvestre F. y Ariztegui, D., 2009. *South American lake paleo-records across the Pampean Region*. *PAGES News* 17: 115-117.
- Garreaud, R.D., Vuille, M., Compagnucci, R.H. y Marengo, J., 2009. Present-day South American Climate. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 281: 180-195.
- Gómez, E.A., 2004. Sea Level Oscillations Related to Past Global Climatic Changes. *Inter-American Institute for Global Change Research News Letter* 36: 11-13.
- Gómez, E.A., Martínez, D.E., Borel, C.M., Guerin G.R. y Cusminsky, G.C., 2005. Submarine evidence of Holocene sea-level fluctuations in the Bahía Blanca estuary, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 20: 139-155.

- Gómez, E.A. y Martínez, D.E., Borel, C.M., Guerstein G.R y Cusminsky, G.C., 2006. Negative sea level oscillation in Bahía Blanca estuary related to a global Climate Change around 2,650 yr B.P. *Journal of Coastal Research*, SI 39: 181-185.
- Gómez, E.A. y Perillo, G.M.E., 1992. Largo Bank: a shoreface-connected linear shoal at the Bahía Blanca estuary entrance (Argentina). *Marine Geology*, 104: 193-204.
- Gómez, E.A. y Perillo, G.M.E., 1995. Submarine outcrops underneath shore face-connected sand ridge, outer Bahía Blanca estuary, Argentina. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*, 9: 23-37.
- González Trilla, G., 2013. Patrones de biomasa de *Spartina* spp. en dos marismas costeras de la provincia de Buenos Aires. *Asociación Española de Teledetección*, 1: 83.
- González Uriarte, M., 1984. Características geomorfológicas de la porción continental que rodea a la Bahía Blanca, provincia de Buenos Aires. *IX Congreso Geológico Argentino, San Carlos de Bariloche*, Actas III, 556-576.
- González, M. A., 1989. Holocene levels in the Bahía Blanca estuary, Argentina Republic. *Journal of Coastal Research*, 5: 65-77.
- González, M.A. y Weiler, N.E., 1983. Ciclicidad de niveles marinos holocénicos en Bahía Blanca y en el Delta del Río Colorado (Provincia de Buenos Aires), en base a edades Carbono 14. Mar del Plata: *Simposio Internacional Oscilaciones del Nivel del Mar Durante el Último Hemiciclo deglacial en la Argentina, International Geological Correlation Programme Project* 61.
- Grimm, E., 2004. *Tilia and TGView 2.0.2. Illinois State Museum. Research and collection Center*. Springfield, Illinois.
- Grill, S.C. y Quattrocchio, M.E., 1996. Fluctuaciones eustáticas durante el Holoceno a partir del registro de paleomicroplancton, Arroyo Napostá Grande, sur de la provincia de Buenos Aires. *Ameghiniana*, 33: 435-442.
- Grill, S. y Guerstein, R., 1995. Estudio palinológico de sedimentos superficiales en el Estuario de Bahía Blanca, Buenos Aires (Argentina). *Polen*, 7: 40-49.
- Guerrero, R., 1998. Oceanografía física del estuario del Río de la Plata y el sistema costero de El Rincón. Noviembre, 1994. *Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero. INIDEP INF. TEC.*, 21: 29-54.

- Gu, H., Luo Z., Zeng, N., Lan, B. y Lan D., 2013. First record of *Pentapharsodinium* (Peridiniales, Dinophyceae) in the China Sea, with description of *Pentapharsodinium dalei* var. *aciculiferum*. *Phycological Research*, 61: 256-267.
- Guilderson, T.P., Burckle, L., Hemming, S. y Peltier, W.R., 2000. Late Pleistocene sea level variations derived from the Argentine Shelf. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems. An Electronic Journal of the Earth Sciences*, 1.
- Guinder, V.A., Popovich, C.A. y Perillo, G.M.E., 2009. Particulate suspended matter concentrations in the Bahía Blanca Estuary Argentina: implication for the development of phytoplankton blooms. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 85: 157–165.
- Guler, V. y Guerstein, G.R., 2003. Quistes de dinoflagelados (Cladopyxiaceae, Gonyaulacaceae, Goniodomaceae e Incierta) del Oligoceno - Plioceno Temprano de la Cuenca del Colorado, Argentina. *Revista Española de Paleontología*, 18: 23 - 47.
- Gutiérrez Téllez, B. y Schillizzi, R., 2002. Asociaciones de Diatomeas en Paleoambientes Cuaternarios de la Costa Sur de la Provincia de Buenos Aires. *Pesquisas en Geociencias*, 29: 59-70.
- Harland, R., 1977. Recent and late Quaternary (Flandrian and Devensian) dinoflagellate cysts from marine continental shelf sediments around the British Isles. *Palaeontographica Abteilung B*, 164: 87-126.
- Harland, R., 1981. Cysts of the colonial dinoflagellate *Polykrikos schwartzii* Bütschli 1873, (Gymnodiniales), from Recent sediments, Firth of Forth, Scotland. *Palynology*, 5: 65-79.
- Harland, R., 1983. Distribution maps of Recent dinoflagellate cysts in bottom sediments from the North Atlantic Ocean and adjacent seas. *Palaeontology*, 26: 321-387.
- Harland, R. y Hill, J., 1979. A reappraisal of the Cainozoic dinoflagellate cyts "*Hystrichosphaeridium*" *choanophorum* Deflandre et Cookson 1955. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 28. 37-45.
- Head, M.J., 1996. Late Cenozoic dinoflagellates from the Royal Society borehole at Ludham, Norfolk, Eastern England. *Journal of Paleontology*, 70: 543-570.
- Head, M.J., 1997. Thermophilic dinoflagellate assemblages from the mid Pliocene of eastern England. *Journal of Paleontology*, 71: 165-193.

- Head, M.J., 1996. Modern dinoflagellate cysts and their biological affinities. En: Jansonius, J. y. McGregor, D.C. (Eds.), *Palynology: principles and applications*. Dallas: American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, pp. 1197-1248.
- Head, M.J., 2002. *Echinidinium zonneveldiae* sp. nov., a dinoflagellate cyst from the Late Pleistocene of the Baltic Sea, northern Europe. *Journal of Micropalaeontology*, 21: 169-173.
- Head, M.J., 2007. Last interglacial (Eemian) hydrographic conditions in the southwestern Baltic Sea based on dinoflagellate cysts from Ristinge Klint, Denmark. *Geological Magazine*, 166: 987-1013.
- Head, M.J., Harland, R. y Matthiessen, J., 2001. Cold marine indicators of the late Quaternary: the new dinoflagellate cyst genus *Islandinium* and related morphotypes. *Journal of Quaternary Science*, 16: 621-636.
- Head, M.J., Borel, C.M., Guerstein, G.R. y Harland, R., 2003. The problematic aquatic palynomorph genus *Cobricosphaeridium* Harland and Sarjeant 1970 emend., with new records from the Holocene of Argentina. *Journal of Paleontology*, 77: 963-985.
- Head, M.J., Seidernkrantz, M.S., Janczyk-Kopikowa, Z., Marks, L., y Gibbard, P.P., 2005. Last Interglacial (Eemian) hydrographic conditions in the southeastern Baltic Sea, NE Europe, based on dinoflagellate cysts. *Quaternary International*, 130: 3-30.
- Head, M.J., Norris, G. y Mudie, P.J., 1989. Palynology and dinocyst stratigraphy of the Miocene in ODP Leg 105, Hole 645E, Baffin Bay. En: Srivastava, S.P., Arthur, M.A., Clement, B. (Eds.), *Ocean Drilling Program, Proceedings, Scientific Results, Leg 105*. Texas: College Station, pp. 467-514.
- Heusser, C.J., 1971. *Pollen and spores of Chile; modern types of the Pteridophyta, Gymnospermae, and Angiospermae*. Tucson, University of Arizona Press.
- Hogg, A.G., Hua, Q., Blackwell, P.G., Niu, M., Buck, C.E., Guilderson, T.P., Heaton, T.J., Palmer, J.G., Reimer, P.J., Reimer, R.W., Turney, C.S.M. y Zimmerman, S.R.H., 2013. SHCAL 13 Southern Hemisphere Calibration, 0-50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, 55: 1889-1903.
- Hotelling, H., 1933. Analysis of a complex of statistical variables into principal components. *Journal of Educational Psychology*, 24: 417-441.

- Iriondo, M. y Kröhling, D., 2007. Geomorfología y sedimentología de la cuenca superior del río Salado (Sur de Santa fe y Noroeste de Buenos Aires, Argentina). *Latin America Journal of Sedimentology and Basin Analysis*, 14: 65-87.
- Isacch, J.P., Costa C.S.B., Rodriguez-Gallego, L, Conde, D., Escapa, M., Gagliardini, D.A. y Iribarne O.O., 2006. Distribution of saltmarsh plant communities associated with environmental factors along a latitudinal gradient on the south-west Atlantic coast. *Journal of Biogeography*, 33: 888-900.
- Isla, F.I., 1989. Holocene sea-level fluctuation in the Southern Hemisphere. *Quaternary Science Reviews*, 8: 359-368.
- Isla, F.I., 2013. The flooding of the San Matías Gulf: The Northern Patagonia sea-level curve. *Geomorphology*, 1: 60-65.
- Isla, F.I. y Espinosa, M.A., 1998. Modelo sedimentario de colmatación de pequeños estuarios dominados por limos, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Reunión Argentina de Sedimentología, Salta. Actas, Libro de Resúmenes*: 24-36.
- Joyce, L.B., Pitcher, G.C., du Randt, A. y Monteiro, P.M.S., 2005. Dinoflagellate cysts from surface sediments of Saldanha Bay South Africa: an indication of the potential risk of harmful algal blooms. *Harmful Algae*, 4: 309-318.
- Kawamura, H., 2002. *Marine palynological records in the southern South China Sea over the last 44 kyr. Dissertation for the Doctoral Degree*. Kiel: Geologisch-Palaeontologisches Institut und Museum, Christian-Albrechts-Universitaet Kiel.
- Kröhling, D. M. e Iriondo, M., 1999. Upper Quaternary Palaeoclimates of the Mar Chiquita area, North Pampa Argentina. *Quaternary International*, 57/58: 149-163.
- Kröhling, D. y Carignano, C., 2014. La estratigrafía de los depósitos sedimentarios cuaternarios. *Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino, Córdoba, I-A-24*, 673-724.
- Kokinos, J.P. y Anderson, D.M., 1995. Morphological development of resting cysts in cultures of the marine dinoflagellate *Lingulodinium polyedrum* (= *L. machaerophorum*). *Palynology*, 19: 143-166.
- Lamberto, S.A., Valle, E.M. y Andrada, A.C., 1997. *Manual ilustrado de las plantas silvestres de la región de Bahía Blanca*. Bahía Blanca: Departamento de Agronomía.

- Laprida, C., Compagnucci R., Chaparro M.A.E., Sinito A.M., Valero Garcés B. y Navas A.M., 2006. *500-year.-record multiproxy paleolimnology study of a shallow pampean lake and GCR flux*. Malargüe, Mendoza, Simposio; Regional Climate Variations in South America over the late Holocene: *A new PAGES initiative*.
- Leonard, L.A. y Croft, A.L., 2006. The effect of standing biomass on flow velocity and turbulence in *Spartina alterniflora* canopies. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 69: 325-336.
- León, R.J.C., 1991. Río de la Plata Grasslands. En: *Ecosystems of the world 8A. Natural Grasslands. Introduction and Western Hemisphere*, R.T. Coupland (Ed.), Amsterdam, pp. 380-387.
- Lewis, J. y Hallett, R., 1997. *Lingulodinium polyedrum (Gonyaulax polyedra)* a blooming dinoflagellate. En: M. B. Gibson, M.B. (Ed.), *Oceanography and Marine Biology: An annual Review*. London: Aberdeen University, pp. 97-161.
- Limoges, A., Londeix, L. y De Vernal, A., 2013. Organic-walled dinoflagellate cyst distribution in the Gulf of Mexico. *Marine Micropaleontology*, 102: 51-68.
- Londeix, L., Herreyre, Y., Turon, J.-L. y Fletcher, W., 2009. Last Glacial to Holocene hydrology of the Marmara Sea inferred from a dinoflagellate cyst record. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 158: 52-71.
- Lucas, A.J. Guerrero, R.A, Mianzán, H.W., Acha, M.E. y Lasta, C.A., 2005. Coastal oceanographic regimes of the Northern Argentina Continental Shelf (34-43°S). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 65: 405-420.
- Mancini, M.V., Paez, M.M., Prieto, A.R., Stutz, S. Tonello, M. y Vilanova, I., 2005. Mid-Holocene climatic variability reconstruction from pollen records (32°–52°S, Argentina). *Quaternary International*, 132: 47-59.
- Marcos, M.A. y Mancini, M.V., 2011. Modern pollen and vegetation relationships in northeastern Patagonia (Golfo San Matías, Río Negro). *Review of Palaeobotany and Palynology*, 171: 19-26.
- Marcos, M.C., Favier, D., y Manzini, V., 2011. Aportes de los estudios palinológicos a la arqueología de la costa rionegrina: el caso del Bajo de la Quinta. En F. Borella, y C. Favier Dubois (Eds.), *Arqueología de Pescadores y Marisqueadores en Nordpatagonia*. Buenos Aires: Dunken, pp. 129-144.

- Marcos, M.A., Mancini, M.V. y Favier Dubois, C.M., 2012. Middle- to Late-Holocene environmental changes in Bajo de la Quinta, NE Patagonia, inferred by palynological records and their relation to human occupation. *The Holocene*, 1: 1-11.
- Marcos, A., Espinosa, M.A., Mancini, V. y Favier Dubois, C., 2014. Múltiples indicadores de los cambios ambientales desde el holoceno medio en el Noreste de Patagonia (Bajo la Quinta), Argentina. *Ameghiniana*, 51: 344-360.
- Markgraf, V. y D'Antoni, H.L., 1987. *Pollen flora of Argentina. Modern Sporae and Pollen Types of Pteridophyta, Gymnospermae and Angiospermae*. Tucson: Univ. of Arizona Press.
- Marret, F. y de Vernal, A., 1997. Dinoflagellate cyst distribution in surface sediments of the southern Indian Ocean. *Marine Micropaleontology*, 29: 367-392.
- Marret, F. y Zonneveld, K.A.F., 2003. Atlas of modern organic-walled dinoflagellate cyst distribution. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 125: 1-200.
- Matsuoka, K., Joyce, L.B., Kotani, Y. y Matsuyama, Y., 2003. Modern dinoflagellate cysts in hypertrophic coastal waters of Tokyo Bay, Japan. *Journal of Plankton Research*, 25: 1461-1470.
- Matsuoka, K. Kawami, H., Nagai, S., Iwataki, M. y Takayama, H, 2009. Re-examination of cyst–motile relationships of *Polykrikos kofoidii* Chatton and *Polykrikos schwartzii* Bütschli (Gymnodiniales, Dinophyceae). *Review of Palaeobotany and Palynology*, 154: 79-90.
- Matsuoka, K. y Shin, H.H., 2010. Environmental Changes in the inner part of Ariake Sound, West Japan recorded in dinoflagellate cyst assemblages. *Coastal Environmental and Ecosystem Issues of the East China Sea*, 1: 111-120.
- Medeanic, S., Correa, I.C. y Weschenfelder, J., 2007. Palinomorfos nos sedimentos de fundo da laguna dos Patos-RS, Aplicação nas reconstruções paleoambientais. *Gravel*, 5: 89-102.
- Melo, W.D., Schillizzi, R., Perillo, G.M. y Piccolo, M.C., 2003. Influencia del área Continental Pampeana en la evolución morfológica del estuario de Bahía Blanca. *Asociación Argentina de Sedimentología Revista*, 10: 37-50.
- Mertens, K.N., Yamaguchi, A., Kawami, H., Ribeiro, S., Leander, B.S., Price, A.M., Matsuoka, K., 2012. *Archaeperidinium saanichi* sp. nov.: A new species based on morphological variation of cyst and theca within the *Archaeperidinium minutum* Jörgensen 1912. *Marine Micropaleontology*, 96-97: 48-62.

- Mertens, K.N., Ribeiro, S., Bouimetarhan, I., Caner, H., Combourieu, N.N., Dale, B., De Vernal, A., Ellegaard, M., Filipova, M., Godhe, A., Goubert, E., Grøsfjeld, K., Holzwar, U., Kotthoff, U., Leroy, S.A.G., Londeix, L., Marret, F., Matsuoka, K., Mudie, P.J.m Naudts, L., Peña-Manjarrez, J.L., Persson, A., Popescu, S.M., Pospelova, V., Sangiorgi, F., Van der Meer, M.T.J., Vink, A., Zonneveld, K.A.F., Vercauteren, D., Vlassenbroeck, J., Louwye, S., 2009. Process length variation in cysts of a dinoflagellate, *Lingulodinium machaerophorum*, in the surface sediments: Investigating its potential as salinity proxy. *Marine Micropaleontology*, 40: 54-69.
- Morquecho, L., Góngora-González, D.T. y Okolodkov, Y.B., 2009. Cyst-theca relationships of gonyaulacales and peridinales (Dinophyceae) from Bahía Concepción, Gulf of California. *Acta Botánica Mexicana*, 88: 9-29.
- Morzadec-Kerfourn, 1992. Upper Pleistocene and Holocene dinoflagellate cyst assemblages in marine environments of the Mediterranean Sea and the northwest Atlantic coast of France. En: Head, M.J., Wrenn, J.H. (Eds.), *Neogene and Quaternary dinoflagellate cysts and acritarchs*. Dallas: *American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation*, pp. 121-132.
- Mourelle, D., Prieto A.R., Pérez, L., García-Rodríguez, F. y Borel, C.M., 2015. Mid and late Holocene multiproxy analysis of environmental changes linked to sea-level fluctuation and climate variability of the Rio de la Plata estuary. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 421: 75-88.
- Mudie, P.J. y Harland, R., 1996. Chapter 21. Aquatic Quaternary. En: Jansonius, J. y D. McGregor, D.C. (Eds.), *Palynology: principles and applications*. Dallas: *American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation*, pp. 843-877.
- Murray, M.G., Galán, C. y Villamil, C.B., 2008. Aeropalynological research in Salitral de la Vidriera, Buenos Aires province, Argentina. *Aerobiologia*, 24: 181-190.
- Narale, D. D., Patil, J. S. y Anil, A. C., 2013. Dinoflagellate cyst distribution in recent sediments along the south-east coast of India. *Oceanología*, 55: 979-1003.
- Nebbia, A.J. y Zalba, S.M., 2007. Comunidades halófilas de la costa de la Bahía Blanca (Argentina): Caracterización, mapeo y cambios durante los últimos cincuenta años. *Boletín Sociedad Argentina de Botánica*, 42: 261-271.

- Pérez, C., Stutz, S., Latorre, F. y Pastorino, S., 2009. A two-year report of pollen influx into Tauber traps in Mar Chiquita coastal lagoon, Buenos Aires, Argentina. *Aerobiologia*, 25: 167–181.
- Perillo, G.M.E., 1995. Geomorphology and Sedimentology of Estuaries: An introduction. En: Perillo, G.M.E. (Ed.), *Geomorphology and Sedimentology of Estuaries, Development in Sedimentology*. Amsterdam: Elsevier Science BV, pp. 1-16.
- Perillo, G.M.E., Píccolo, M.C. y Arango, J.M., 1987. *Parámetros físicos del estuario de Bahía Blanca. Período 1967-1986*, Bahía Blanca: Instituto Argentino de Oceanografía. Reporte Técnico, 250 pp
- Perillo, G.M., Piccolo, C., Parodi, E. y Freije, R.H., 2001. The Bahía Blanca estuary Argentina. Capítulo 14. En: Seeliger, U. y Kjerfve, B. (Eds.), *Coastal Marine Ecosystems of Latin America. Ecological Studies 144*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 205-217.
- Perillo, G.M.E. y Piccolo, M.C., 1991. Tidal response in the Bahía Blanca estuary, Argentina. *Journal of Coastal Research*, 7: 437-449.
- Perillo, G.M.E. y Piccolo, C.M., 2004. ¿Qué es el estuario de Bahía Blanca?. *Ciencia Hoy*, 14: 55-61.
- Piccolo, M.C. y Perillo, G.M.E., 1990. Physical characteristics of the Bahía Blanca Estuary (Argentina). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 31: 303-317.
- Piovano, E.L., Ariztegui, D., Córdoba, F., Cioccale, M. y Sylvestre, F., 2009. Hydrological variability in South America below the Tropic of Capricorn (Pampas and eastern Patagonia, Argentina) during the last 13.0 Ka. En: Vimeux, F., Sylvestre, F. y Khodri, M. (Eds.), *Past Climate Variability from the Last Glacial Maximum to the Holocene in South America and Surrounding Regions*. Netherlands: Springer Developments in Paleoenvironmental Research Series, pp. 323-351.
- Popovich, C. A. y Marcovecchio, J., 2008. Spatial and temporal variability of phytoplankton and environmental factors in a temperate estuary of South America (Atlantic coast, Argentina). *Continental Shelf Research*, 28: 236-244.
- Pospelova, V., De Vernal, A. y Pedersen, T.F., 2008. Distribution of dinoflagellate cysts in surface sediments from the northerastern Pacific Ocean (43-25°N) in relation to sea-surface temperature, salinity, productivity and coastal upwelling. *Marine Micropaleontology*, 68: 21-48.

- Pospelova, V. y Kim, S.-J., 2010. Dinoflagellate cysts in recent estuarine sediments from aquaculture sites of southern South Korea. *Marine Micropaleontology*, 76: 37-51.
- Pratolongo, P.D., Perillo, G.M.E. y Piccolo, M.C., 2010. Combined effects of waves and plants on a mud deposition event at a mudflat-saltmarsh edge in the Bahía Blanca estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 87: 207-212.
- Pratolongo, P., Piovan, M.J., Cuadrado, D.G. y Gómez, E.A., 2016a. Coastal landscape evolution on the western margin of the Bahía Blanca Estuary (Argentina) mirrors a non-uniform sea-level after the mid-Holocene highstand. *Geo-Marine Letters*, 37: 373-384.
- Pratolongo, P.D., Piovan, M.J. y Cuadrado, D.G., 2016b. Coastal environments in the Bahía Blanca Estuary, Argentina. En: Khan, M.A., Boër, B., Öztürk, M., Clüsener-Godt M., Gul B., Breckle S.W (Eds.), *Sabkha Ecosystems, vol V: The Americas*. Springer International Publishing, Geneva, pp. 205-224.
- Price, A.M., Mertens, K., Pospelova, V., Pedersen, T., y Ganehramn R..S., 2013. Late Quaternary climatic and oceanographic changes in the Northeast Pacific as recorded by dinoflagellate cysts from Guaymas Basin, Gulf of California (Mexico). *Paleoceanography*, 28: 200-212.
- Prieto, A.R., 1996. Late Quaternary vegetational and climatic changes in the Pampa grassland of Argentina. *Quaternary Research*, 45: 73-88.
- Prieto, A.R., Blasi, A.M., De Francesco, C.G. y Fernández, C., 2004. Environmental history since 11,000 14C yr B.P. of the northeastern Pampas, Argentina, from alluvial sequences of the Luján River. *Quaternary Research*, 62: 146-161.
- Prieto, A.R., Mourelle, D., Peltier, W.R., Drummond, R., Vilanova, I. y Ricci, L., 2016. Relative sea-level changes during the Holocene in the Río de la Plata, Argentina and Uruguay: a review. *Quaternary International*, 442: 1-15.
- Prieto, A.R. y Quattrocchio, M.E., 1993. Briofitas y pteridofitas en sedimentos del Holoceno de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Anales de la Asociación de Palinólogos de Lengua Española*, 6: 17-37.
- Quattrocchio, M.E. Borromei, A.M., Deschamps, C.M., Grill, S.C. y Zabala, C.A., 2008. Landscape evolution and climate changes in the Late Pleistocene-Holocene, southern Pampa (Argentina): evidence from palynology, mammals and sedimentology. *Quaternary International*, 181: 123-138.

- Radi, T., Pospelova, V. y De Vernal, A., 2007. Dinoflagellate cysts as indicators of water quality and productivity in British Columbia estuarine environments. *Marine Micropaleontology*, 62: 269-297.
- Radi, T., Bonnet, S., Cormier, M.A., De Vernal, A., Durantou, L., Faubert, É, Nieuwenhove, N.V., 2013. Operational taxonomy and (paleo-) autecology of round, brown, spiny dinoflagellate cysts from the Quaternary of high northern latitudes. *Marine Micropaleontology*, 98: 41-57.
- Ribeiro, S., Lundholm, N., Amorim, A. y Ellegaard, M., 2010. *Protoperidinium minutum* (Dinophyceae) from Portugal: cyst–theca relationship and phylogenetic position on the basis of single-cell SSU and LSU rDNA sequencing. *Phycologia*, 49: 48-63.
- Rochon, A., De Vernal, A., Turon, J.L., Matthiessen, J., y Head, M., 1999. Distribution of recent dinoflagellate cysts in surface sediments from the North Atlantic Ocean and adjacent seas in relation to sea-surface parameters. *American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, Special Contribution Series*, 35, 146 pp.
- Rosignol, M., 1964. Hystrichosphères du Quaternaire en Méditerranée orientale, dans les sédiments Pléistocènes et les boues marines actuelles. *Revue de Micropaléontologie*, 7: 83-99.
- Sangiorgi, F., Fabbri, D., Comandini, M., Gabbianelli, G., y Tagliavini, E., 2005. The distribution of sterols and organic-walled dinoflagellate cysts in surface sediments of the North-western Adriatic Sea (Italy). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 64: 395-406.
- Sangiorgi, F. y Donders, T.H, 2004. Reconstructing 150 years of eutrophication in the north-western Adriatic Sea (Italy) using dinoflagellate cysts, pollen and spores. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 60: 69-79.
- Schäbitz, F., 1994. Holocene climatic variations in northern Patagonia, Argentina. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 109: 287-294.
- Schäbitz, F., 2003. Estudios polínicos del Cuaternario en las regiones áridas del sur de Argentina. *Revista del Museo Argentino Ciencias Naturales*, 5: 291-299.
- Schellmann, G. y Radtke, U., 2010. Timing and magnitude of Holocene sea-level change along the middle and south Patagonian Atlantic coast derived from beach ridge systems, littoral terraces and valley-mouth terraces. *Earth-Science Reviews*, 103: 1-30.

- Scian, B., Labraga, J.C., Reimers, W. y Frumento, O., 2006. Characteristics of large-scale atmospheric circulation related to extreme monthly rainfall anomalies in the Pampa Region, Argentina, under non-ENSO conditions. *Theoretical and Applied Climatology*, 85: 89-106.
- Spagnuolo, J.O., 2005. *Evolución geológica de la región costera-marina de Punta Alta, Provincia de Buenos Aires. Tesis Doctoral*. Bahía Blanca: Universidad Nacional del Sur.
- Spalletti, L.A. e Isla, F.I., 2003. Características y evolución del Delta del Río Colorado ("Colú-Leuvú"), Provincia de Buenos Aires, República Argentina. *Revista Asociación Argentina de Sedimentología*, 10: 23-37.
- Srivilai, D., Lirdwitayaprasit, T. y Fukuyo, Y., 2012. Distribution of dinoflagellate cysts in the surface sediment of the coastal areas in Chonburi Province, Thailand. *Coastal Marine Science*, 35: 11-19.
- Stuiver, M. y Reimer, P. J., 1993. Extended 14C data base and revised CALIB 3.0 14C age calibration program. *Radiocarbon*, 35: 215-230.
- Stuiver, M., Reimer, P.J. y Reimer, R.W., 2005. CALIB 5.0. <http://calib.qub.ac.uk/calib/>.
- Steidinger, K.A. y Tangen, K., 1996. Dinoflagellates. En: Tomas, C. (Ed.), *Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates*. New York: Academic Press, pp. 387-598.
- Stockmarr, J., 1971. Tablets with spores used in absolute pollen analysis. *Pollen et Spores*, 13: 615-621.
- Stutz, S., Borel C.M., Fontana, S.L., Del Puerto, L., Inda, H. García-Rodríguez y Tonello, M.S., 2010. Late Holocene climate and environment of the SE Pampa grasslands, Argentina, inferred from biological indicators in shallow, freshwater Lake Nahuel Rucá. *Journal of Paleolimnology*, 44: 761-775.
- Stutz, S. y Prieto, A.R., 2003. Modern pollen and vegetation relationships in Mar Chiquita coastal lagoon area, southeast of Pampa grasslands, Argentina. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 126: 183–195.
- Stutz, S., Prieto, A.R. y Isla, F.I., 2006. Holocene evolution of the Mar Chiquita coastal lagoon area (Argentina) indicated by pollen analysis. *Journal of Quaternary Science*, 21: 17-28.
- Subba Reddi, C. y Reddi, N.S., 1986. Pollen Production in some anemophilous angiosperms. *Grana*, 25: 55-61.

- Tillmann, U., Borel, C.M. Barrera, F., Lara, R., Krock, B., Almandoz, G., Witt, M., Trefault, N., 2016. *Azadinium poporum* from the Argentine Continental Shelf, Southwestern Atlantic, produces azaspiracid-2 and azaspiracid-2 phosphate. *Harmful Algae* 51: 40-55.
- Tonello, M.S. y Prieto, A.R., 2003. Relaciones cuantitativas polen-clima actual para el pastizal pampeano: primeros resultados. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, 5: 317-327.
- Tonello, M.S. y Prieto, A.R., 2008. Modern vegetation-pollen-climate relationships for the Pampa grasslands of Argentina. *Journal of Biogeography*, 35: 926-938.
- Tonello, M.S. y Prieto, A.R., 2010. Tendencias climáticas para los pastizales pampeanos durante el Pleistoceno tardío-Holoceno: estimaciones cuantitativas basadas en secuencias polínicas fósiles. *Ameghiniana*, 47: 501-514.
- Van Geel, B., Renssen, H. y Heusser, C.J., 2000. Climatic change in Chile at around 2.700 BP and global evidence for solar forcing: A hypothesis. *The Holocene*, 10: 659-664.
- Van Geel, B., 2001. Non-pollen palynomorphs. En: Smol, J.P., Birks, H.J. y Last, W.M. (Eds.), *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Volumen 3: Terrestrial, algal and siliceous indicators*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, pp. 99-119.
- Verettoni, H.N., 1961. *Las asociaciones halófilas del Partido de Bahía Blanca*. Bahía Blanca: Universidad Nacional del Sur.
- Verettoni, H.N. y Aramayo, E., 1974. *Las comunidades vegetales de la región de Bahía Blanca*. Bahía Blanca: Universidad Nacional del Sur.
- Vilanova, I., 2005. *Dinámica de cambio de la vegetación y variabilidad climática desde el Pleistoceno tardío en el actual sector costero bonaerense (35°-45°S)*. Tesis doctoral. Mar del Plata: Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Vilanova, I., Guerstein, G.R., Akselman, R. y Prieto, A.R., 2008. Mid to Late organic-walled dinoflagellate cysts from the northern Argentine shelf. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 152: 11-20.
- Vilanova, I. y Prieto, A.R., 2012. Historia de la vegetación de las llanuras costeras de la Bahía Samborombón (~35,5°S), Argentina, desde 7800 14C Años. *Ameghiniana*, 49: 303-318.

- Vilanova, I., Prieto, A.R. y Stutz, S., 2006. Historia de la vegetación en relación con la evolución geomorfológica de las llanuras costeras del este de la provincia de Buenos Aires durante el Holoceno. *Ameghiniana*, 43: 147-159.
- Vilanova, I., Prieto, A.R., Stutz, S. y Bettis III, E.A., 2010. Holocene vegetation change along the southeastern coast of the Argentinean Pampa grasslands in relation to sea-level fluctuations and climatic variability: palynological analysis of alluvial sequences from Arroyo Claromecó. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 298: 210-223.
- Violante, R.A. y Parker, G., 2004. The post-last glacial maximum transgression in the de la Plata River and adjacent inner continental shelf, Argentina. *Quaternary International*, 114: 167-181.
- Violante, R.A., Costa, I.P., Cavallotto, J.L., Paterlini, C.M., Bozzano, G., y Marcolini, S., 2014. Rasgos morfosedimentarios, procesos y evolución de la plataforma continental Argentina desde el último máximo glacial. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 71: 292-310.
- Wall, D., 1965. Modern hystrichosphere and dinoflagellate cyst from the Woods Hole region. *Grana Palynologica*, 6: 297-314.
- Wall, D., 1967. Fossil microplankton in deep-sea cores from the Caribbean Sea. *Palaeontology*, 10: 95-123.
- Wall, D. y Dale, B., 1967. The resting cysts of modern marine dinoflagellates and their palaeontological significance. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 2: 349-354.
- Wall, D. y Dale, B., 1968. Modern dinoflagellate cysts and evolution of the Peridinales. *Micropaleontology*, 14: 265-304.
- Wall, D., Dale, B. y Harada, K., 1973. Descriptions of new fossil dinoflagellates from the Late Quaternary of the Black Sea. *Micropaleontology*, 19: 18-31.
- Wall, D., Dale, B., Lohmann, G.P. y Smith, W., 1977. The environmental and climatic distribution of dinoflagellate cysts in modern marine sediments from regions in the North and South Atlantic oceans and adjacent seas. *Marine Micropaleontology*, 2: 121-200.
- Weiler, N.E., 1998. Holocene sea levels in Anegada Bay, Argentine Republic. *Journal of Coastal Research*, 14: 1034-1043.

Yu, S.-Y. y Berglund, B.E., 2007. A dinoflagellate cyst record of Holocene climate and hydrological changes along the southeastern Swedish Baltic coast. *Quaternary Research*, 67: 215-224.

Zárate, M., 2005. El Cenozoico Tardío continental de la provincia de Buenos Aires. 16° Congreso Geológico Argentino, La Plata, Relatorio: 139-158.

Zárate, M.A., Kemp, R.A., Espinosa, M. y Ferrero, L., 2000. Pedosedimentary and palaeoenvironmental significance of a Holocene alluvial sequence in the southern Pampas, Argentina. *The Holocene*, 10: 481-488.

Zonneveld, K.A.F., 1997. Dinoflagellate cyst distribution in surface sediments of Arabian Sea (Northwestern Indian Ocean) in relation to temperature and salinity gradients in the upper water column. *Deep-sea Research II*, 44: 1411-1443.

Zonneveld, K.A., Hoek, R.P., Brinkhuis, H. y Willems, H., 2001. Geographical distributions of organic-walled dinoflagellate cysts in surficial sediments of the Benguela upwelling region and their relationship to upper ocean conditions. *Progress in Oceanography*, 48: 25-72.

Zonneveld, K.A., Marret, F., Versteegh, G.J.M., Bogus, K., Bonnet, S., Bouimetarhan, I., Crouch E., de Vernal, A., Elshaniwany, R., Edwards, L., Esper, O., Sven, F., Grøsfjeld, K., Henry, M., Holzwarth, U., Kieft, J., Kim, S., Ladouceur, S., Ledu, D., Chen, L., Limoges, A., Londeix, L., Lu, S.-H., Mahmoud, M.S., Marino, G., Matsouka, K., Matthiessen, J., Mildenhall, D.C., Mudie, P., Neil, H.L., Pospelova, V., Qi, Y., Radi, T., Richerol, T., Rochon, A., Sangiorgi, F., Solignac, S., Turon, J., Verleye, T., Wang, Y., Wang, Z., Young M., 2013. Atlas of modern dinoflagellate cyst distribution based on 2405 data points. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 191: 1-197.

Zuloaga, F., 2008. *Instituto de Botánica Darwinion*. [En línea] Disponible en: <http://www.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina/fa.htm> [Último acceso: 16 10 2016].