



Universidad de Buenos Aires Facultad de Ciencias
Exactas y Naturales.

Variaciones en los ensambles de diatomeas en la costa bonaerense durante el Pleistoceno tardío

Tesis de licenciatura en la carrera de Paleontología de Juan Pablo Grant,
Mayo del año 2016.

Directores: Dra. Nora Maidana – Dra. Cecilia Laprida

Índice

Resumen	3
Introducción	4
Contexto climático.....	7
Las glaciaciones en la Argentina.....	8
Contexto geológico	11
Las diatomeas	14
El ambiente salobre y las diatomeas	15
Materiales y métodos	20
Ubicación y descripción del testigo	20
Análisis de diatomeas	24
Resultados	27
Descripción de las especies dominantes y sus características ecológicas	29
Discusión	37
Síntesis del análisis paleoambiental en base a diatomeas	40
Comparación de la interpretación realizada con otros indicadores.....	41
Conclusiones	43
Agradecimientos	44
Bibliografía	45
Figuras citadas en la tesis	52

Resumen

Durante la última etapa de su evolución pleistocena, la Plataforma Continental Argentina pasó por momentos de exposición subaérea vinculada a la última glaciación y posteriormente fue inundada debido a la transgresión marina posglacial. Los sedimentos de la plataforma reflejan estos cambios. En esta tesis se estudian las diatomeas fósiles recuperadas del testigo SHN-T394 (40°09,8676´S - 57°14,9600´O) extraído en el borde de la plataforma externa a 100 m de profundidad durante la campaña “Litoral bonaerense V” (LBV, B/O Puerto Deseado – MinDef-CONICET-, 12-23 de Junio de 2012). Según algunos estudios anteriores se sabía que los sedimentos del testigo estudiado en esta tesis representan una laguna costera, en cuya parte superior se desarrollaron las condiciones típicas de una transgresión marina. Se concluye en esta tesis que los ensambles de diatomeas estudiados no reflejan este desarrollo. Además, se reconoce la presencia de taxones no reportados en la literatura y que posiblemente sean nuevos para la ciencia.

Introducción

Esta tesis de licenciatura es parte de un proyecto en el cual por primera vez se documentó, a partir de registros *off-shore*, la evolución paleoambiental de la plataforma exterior del sureste bonaerense durante la transgresión iniciada luego del último máximo glacial. En particular, en este trabajo se estudian las diatomeas fósiles recuperadas del testigo SHN-T394 (40°09,8676´S - 57°14,9600´O) extraído en el borde de la plataforma externa a 100 m de profundidad durante la campaña “Litoral bonaerense V” (LBV, B/O Puerto Deseado – MinDef-CONICET-, 12-23 de Junio de 2012) (figura 1a).

Las eras glaciales son momentos en la historia de la tierra en que los glaciares cubren extensas zonas de los continentes y de los océanos mientras ocurre un descenso significativo del nivel del mar. Entre estas épocas glaciales existen los denominados períodos interglaciales caracterizados por una temperatura global más elevada, hielos retraídos a las áreas polares y elevadas y un nivel del mar más alto.

A pesar de que las glaciaciones ocurren a nivel global, no es sencillo realizar correlaciones a gran escala, puesto que el avance y el retroceso de los hielos son procesos sumamente complejos en los que participan, además de factores globales, características locales como la topografía. Para el caso particular de la Argentina, las principales evidencias del avance y retroceso glacial se encuentran en la zona andina patagónica, mientras que los sedimentos de la Plataforma Continental Argentina reflejan los cambios del nivel del mar vinculados a los ciclos glaciales/interglaciales.

La Plataforma Continental Argentina es una de las más extensas de mundo y está asociada a un margen pasivo en casi toda su extensión (solo en el sur se detectan algunos márgenes activos). Durante la última etapa de su evolución pleistocena, la plataforma pasó por momentos de exposición subaérea vinculada a la última glaciación y, posteriormente, por una transgresión marina posglacial.

En un archivo ambiental, un indicador o *proxy* es un componente que puede ser identificado y que conserva en su estructura una señal ambiental o climática, por lo que a partir de su análisis pueden inferirse condiciones ambientales pasadas. Los *proxies* pueden ser físicos (sedimentología, mineralogía, parámetros magnéticos), geoquímicos (composición de isótopos estables, geoquímica elemental inorgánica u orgánica) o biológicos, también llamados bioindicadores o *bioproxies* (organismos, partes o restos de ellos, pigmentos) (Oldfield, 2005). Las reconstrucciones que se basan en bioindicadores dan por supuesto el principio de conservadurismo de nicho: los requerimientos ecológicos de las

especies fósiles han permanecido constantes a lo largo del tiempo; y, consecuentemente, son similares a aquellos de los representantes actuales de esas mismas especies. Así, los conocimientos sobre la ecología de los organismos actuales pueden extrapolarse al registro fósil con un alto grado de certidumbre, especialmente al registro del Cuaternario (Dodd y Stanton, 1990).

Las diatomeas son organismos unicelulares sumamente importantes dentro de los ensambles de microalgas en cualquier tipo de ambientes acuáticos, incluyendo los estuarios. Teniendo en cuenta sus requisitos ecológicos, las diatomeas han sido utilizadas para las reconstrucciones paleoambientales costeras a lo largo de todo el mundo desde hace ya muchas décadas.

La información sobre la ecología de las diatomeas que habitan los ambientes transicionales de Argentina es muy fragmentaria; durante el siglo XX, la mayor parte de los trabajos realizados en nuestro país sobre el tema se han limitado a una descripción taxonómica. En lo que se refiere al estudio sobre diatomeas del litoral de la provincia de Buenos Aires, abarcan desde el Holoceno medio (los últimos 5000 años) hasta la actualidad y se realizaron a partir de sedimentos provenientes de los estuarios o de las lagunas de la costa actual (Espinosa, 1988, 1994, 2001, 2003; Frenguelli, 1921, 1925, 1935, 1938, 1941, 1945; Gutiérrez, 2002; Hassan, 2010; Isla, 1986). Debido a la relativamente escasa información sobre la autoecología de las especies locales, gran parte de las interpretaciones ecológicas están basadas principalmente en estudios sobre especies europeas. Este problema se agrava si tenemos en cuenta las formas fósiles del Pleistoceno, aún menos conocidas. Si bien es cierto que existen numerosas especies cosmopolitas, en los estuarios o lagunas costeras proliferan las formas endémicas. Por lo tanto, es necesario para poder hacer reconstrucciones ambientales robustas conocer lo más posible las especies locales junto con sus requerimientos ecológicos. Afortunadamente durante los últimos quince años los estudios sobre las diatomeas de los estuarios argentinos se han incrementado notablemente (Bauer *et al.* 2007; Calliari *et al.* 2009; Carreto *et al.*, 2008; Diodato y Hoffmeyer, 2008; Espinosa *et al.* 2006; Hassan *et al.* 2006, 2008, 2009; Popovich *et al.* 2008; Gómez *et al.* 2009). Hoy en día existe una base de datos confeccionada por Hassan (2010), en la que se resume toda la información con la que se cuenta sobre las especies estuarinas argentinas.

Dado que, como consecuencia del descenso del mar durante el Último Máximo Glacial, quedó expuesta la plataforma continental del sector costero surbonaerense y allí se establecieron ambientes continentales y que luego, durante el ascenso posglacial, se

desarrollaron ambientes de plataforma interna, la hipótesis de trabajo de esta tesis es que los ensamblajes de diatomeas reflejan esta evolución ambiental.

Son sus objetivos:

- Caracterizar los ensamblajes de diatomeas en la secuencia sedimentaria analizada.
- Caracterizar los ambientes asociados a la última transgresión del Pleistoceno superior, en función de los ensamblajes de diatomeas dominantes.
- Comparar los resultados obtenidos con los de otros indicadores actualmente en estudio.

Contexto climático

En las últimas décadas, se ha puesto mucho énfasis en el estudio de los cambios climáticos, en especial en relación con el incremento en la concentración de los gases de efecto invernadero de origen antrópico. Sin embargo, la idea de que el clima ha variado se remonta a mediados del siglo XVIII; durante el siglo XIX se descubrió la relación que existe entre el avance de los glaciares y los cambios climáticos globales. Así, nació la *teoría de las glaciaciones*, que fue aceptada ampliamente en 1875, cuando James Croll publicó *Climate and time, in their geological relations*, en el que proponía a los cambios en la órbita terrestre como causa de las glaciaciones (en Krüger, 2013).

Una era glacial se define como un intervalo de tiempo caracterizado por las bajas temperaturas medias del planeta y por el avance de los glaciares sobre los continentes y el mar desde las latitudes altas (o desde zonas montañosas). Debido a que un volumen considerable de agua del océano paulatinamente pasa a formar parte de los glaciares, el nivel global del mar desciende conforme avanza la era glacial. Este proceso continúa hasta el momento en que el avance de los hielos se detiene para luego comenzar a retroceder a una velocidad mucho mayor. El intervalo de tiempo en el cual los hielos han retrocedido hasta su mínima expresión y han quedado confinados a las más altas latitudes o las zonas de mayor altura en el ambiente montañoso se denomina interglacial. Durante los períodos interglaciales, la temperatura media de la tierra es más elevada que durante los denominados períodos glaciales y el nivel global del mar está también más alto.

En una escala de millones de años, hoy en día se reconocen cinco momentos en la historia de la tierra, denominados «períodos *cold house*», en que prevalecieron las condiciones glaciales al menos en las latitudes altas durante al menos algunos millones de años: período Huroniano, 2200 millones de años atrás; período Criogeniano, entre 850 y 635 millones de años atrás, también conocido como *Snow Ball Earth*; período Andeano-Sahareano, de finales del Ordovícico, 460 millones de años atrás; edad de hielo de Karoo, 360-260 millones de años atrás, durante la formación de la Pangea; y la última, la casa fría del Cenozoico, que abarca al menos los últimos 35 millones de años y a las que pertenecen las más estudiadas y familiares, las glaciaciones del Pleistoceno.

Desde hace 600.000 años, ciclos constituidos por períodos glaciales e interglaciales han tenido una duración de aproximadamente 100.000 años; antes de esto y desde al menos los últimos 5 millones de años, la ciclicidad consistió en períodos de 41.000 y 21.000 años combinados.

Aunque las teorías actuales sobre las causas de las glaciaciones están fuera del ámbito de esta tesis, se puede mencionar que la cantidad de insolación que llega a la superficie terrestre de acuerdo con las estaciones del año en las distintas latitudes cumple un rol fundamental. Y esto depende de los cambios en la geometría de la órbita terrestre, tal como lo demostró Milutin Milankovich (Schwarzacher 1993).

Luego de los estudios de Emiliani (1955), el análisis del fraccionamiento isotópico del oxígeno en registros marinos jugó un rol fundamental en el conocimiento de los cambios paleoclimáticos. A partir del estudio de numerosos testigos marinos profundos, se pudieron observar cambios cíclicos en las proporciones de los isótopos $\delta^{16}\text{O}$ y $\delta^{18}\text{O}$ de las conchillas de los foraminíferos planctónicos. A partir de estas variaciones cíclicas se definieron los estadios isotópicos marinos (MIS, *marine isotopic stages*), los que fueron interpretados como la alternancia de períodos relativamente fríos y cálidos, y vinculados con los ciclos glaciales/interglaciales. Los estadios isotópicos se enumeran desde el presente (MIS 1, el Holoceno) hacia atrás; en esta escala los números pares representan los momentos fríos, (enriquecimiento relativo de ^{18}O), mientras que los impares, intervalos más cálidos. Hasta la fecha han sido identificados más de 100 MIS, que se remontan en una escala temporal hasta unos seis millones de años. La última glaciación está comprendida por los MIS 4, 3 y 2, de los cuales solo el MIS 2 está relacionado con esta tesis y comienza cerca del Máximo glacial (LGM) hace 29 kya (Lisiecki *et al.*, 2005). El LGM fue último período en la historia del clima de la tierra en que los mantos de hielo alcanzaron su máxima extensión. De acuerdo con Fleming *et al.* (1998), el nivel del mar durante el LGM estaba 120 m más bajo que el nivel actual. En este estadio isotópico también se incluye la deglaciación (DG) (Shakun y Carlson 2010), caracterizada por el derretimiento de los glaciales y el inicio de la transgresión marina.

Las glaciaciones en Argentina

Durante los períodos glaciales, el clima en Suramérica, además de estar condicionado por el clima global, estuvo sujeto a diversos factores de orden local: la cercanía de las masas de hielo, tanto las del antártico como las de los Andes; los patrones de vientos, consecuencia de la interrelación entre los anticiclones del Atlántico y del Pacífico Sur; y el tamaño de las tierras emergidas que, de acuerdo con su extensión, trajo como consecuencia la mayor o menor continentalidad del clima, dependiendo del ciclo glacial (Violante *et al.* 2014a).

En el caso particular de la zona andina de la Patagonia, donde los avances glaciales han dejado una huella notoria, el LGM tuvo lugar hace 26.000 años AP; aunque existen

evidencias de varios avances y retrocesos hasta la recesión glacial definitiva, 18.000 años atrás (Rabassa, 2008). En la actualidad existen en los Andes del Sur tres zonas englazadas, desconectadas entre sí; pero de acuerdo a diversos autores (Hollin y Schilling 1981; Porter 1981; McCulloch *et al.* 2000), durante el LGM los hielos se extendían 1800 km a lo largo de los andes, entre 38° y 55° S, y ocupando un volumen de aproximadamente 500.000 km³ (figura 2).

McCulloch *et al.* (2000) señalan que la deglaciación de los Andes patagónicos fue relativamente rápida y que comenzó hace 17,500–17,150 cal yr BP. Según Lowell *et al.* (1995), la mayor tasa de deshielo ocurrió en el norte de la Patagonia (los glaciares retrocedieron 10 km en 2000 años). La deglaciación fue interrumpida por avances glaciales que ocurrieron principalmente en la Patagonia sur y que probablemente concuerdan con el *Younger Dryas* y con el *Antarctic cold reversal*, período frío de dos milenios de duración (c. 14,500 BP -12.000) y del que se han encontrado evidencias principalmente en la Antártida (Labeyrie *et al.* 2003).

Si se tiene en cuenta la enorme masa de hielo acumulada en los continentes durante el LGM, es de suponer que durante la deglaciación el volumen de agua que corría hacia el océano era significativamente mayor de lo que es en la actualidad. Se considera que la profundización de los ríos y la formación de terrazas ocurrieron muy rápido al principio de la deglaciación. Luego, conforme disminuían las masas glaciales y ascendía el nivel del mar, estos procesos fueron decreciendo (Kokot 2004). Esto es lo que ocurrió, por ejemplo, en el Río Colorado. Spalleti *et al.* (2013) estudiaron los lóbulos deltaicos antiguos e inactivos de este río relacionándolos con las oscilaciones del nivel del mar: el lóbulo correspondiente al estadio de mar bajo, por ejemplo, es el producto de una sobrealimentación fluvial, tanto en la tracción como en la descarga. A conclusiones similares llegaron Melo *et al.* (2003) quienes, al estudiar los patrones de drenaje de esta cuenca en relación con el estuario de Bahía Blanca, muestran cómo la mayor escorrentía del río sucedió luego del LGM, durante la deglaciación.

La plataforma continental argentina es muy extensa y presenta diferentes características regionales (ver contexto geológico), lo cual hace difícil establecer una curva de la variación del mar que abarque toda esta zona. Guilderson *et al.* (2000) construyeron una curva del nivel del mar desde el LGM hasta la actualidad para la plataforma argentina a partir de 36 testigos extraídos y basándose en dataciones ¹⁴C de conchillas. Si se compara esta curva con la desarrollada a nivel global por Fleming *et al.* (1998), se observa un desplazamiento de 5 ka para el máximo glacial junto con una diferencia de 15 m para el

nivel mínimo eustático (figura 3). No existen hasta la fecha evidencias que puedan explicar esta diferencia, pero debe tenerse en cuenta que es necesario realizar estudios más profundos y detallados con el objeto de obtener información precisa sobre las variables eustáticas e isostáticas de la plataforma argentina, cuyos diferentes tipos de márgenes son sumamente complejos, en especial en la zona sur.

Cavalotto *et al.* (2004) estimaron que a partir del LGM el mar se elevó a una tasa de ~11- 12 mm/año para luego decrecer 9,4 mm/año; y sugieren que, a partir de varias evidencias, el mar ha subido de a pulsos. Por ejemplo, en la plataforma hay relictos de paleolíneas de costa (figura 4) que indican períodos durante los cuales el nivel del mar se mantuvo estacionario. Además, diversos testigos extraídos de estos sectores durante diversas campañas oceanográficas (Litoral Bonaerense I a VI entre 1987 y 2013 y Coring 2002, Campañas Vema y Conrad del Lamont Doherty Earth Observatory, años 1959 a 1972) han revelado un alto contenido de conchillas de moluscos que se han interpretado como correspondientes a depósitos litorales (Violante *et al.* 2014a).

Contexto geológico:

La plataforma continental argentina es una típica plataforma silicoclástica, y una de las más extensas del mundo, que en su mayor parte pertenece a un margen pasivo. Su ancho es variable, entre 170 y ~1200 km. La pendiente es suave, de perfil convexo (mayor pendiente hacia la plataforma exterior) en el área adyacente a la región pampeana y cóncavo en la región patagónica (mayor pendiente hacia el continente) (Violante *et al.* 2014a). Está situada principalmente en la placa sudamericana y su origen está relacionado con la apertura del Atlántico Sur, acontecimiento que comenzó a partir del Jurásico medio. Cavalotto *et al.* (2011) sintetizaron los diversos trabajos que se han realizado sobre la evolución de la plataforma. En la figura 5 se muestran los eventos que condicionaron tal evolución. En un primer momento, cuando los factores tectónicos (endógenos) eran los dominantes, la plataforma propiamente dicha se desarrolló en la actual Patagonia, durante la transgresión marina global del Maastrichtiano (70-65 MA). Fue después del Oligoceno, cuando el pasaje de Drake se abrió en forma definitiva, que se estableció la Corriente Circumpolar Antártica y las condiciones de mar abierto. A partir de ese momento, los factores climáticos y oceanográficos continuaron produciendo los rasgos morfológicos y sedimentarios que caracterizan actualmente la plataforma, mientras que los factores tectónicos tuvieron una importancia menor. Las glaciaciones del Cuaternario fueron las responsables de los rasgos más recientes; en especial la última glaciación, con sus transgresiones y regresiones asociadas.

Los niveles superiores de la plataforma están constituidos por unidad sismo-estratigráficas de edad Plioceno superior hasta el Holoceno. La última unidad es el paquete sedimentario que corresponde al ciclo regresivo-transgresivo que incluye desde el Último Máximo Glacial hasta el presente (Parker *et al.* 1999, 2008; Violante y Parker 2000, 2004) y se extiende desde el borde de la plataforma exterior (y aun partes del talud) hasta las llanuras costeras. Una superficie transgresiva define su base mientras que la topografía actual limita su techo. El mayor espesor de la unidad se encuentra en la plataforma bonaerense (10-15 m), mientras que en la zona patagónica es menor (5 m) y su distribución es discontinua (Parker *et al.* 1996, 1997, Urien *et al.* 2003). La litología de la unidad se caracteriza por un alto contenido de arena, el cual se evidencia a partir de las características caóticas y poco transparentes de la configuración sísmica; aunque en los lugares donde el fango es abundante, como ocurre en los estuarios, la configuración es transparente y más ordenada.

Cabe destacar que esta litología ha sido corroborada por numerosos testigos que han sido extraídos de la unidad y analizados por sedimentólogos (Parker *et al.* 1999, 2008).

Cuando comenzó la última transgresión marina, diversos componentes tales como el clima, la dinámica sedimentaria, la fluctuación del nivel del mar y el tipo del sustrato pretransgresivo interactuaron conjuntamente para dar como resultado las características morfológicas y sedimentarias actuales de la plataforma. Se pueden observar cuatro terrazas bien definidas (figura 6), que han sido nombradas con números romanos (I, II, III, IV), descriptas por Parker *et al.* (1997), y cuyas edades se sintetizan en la Tabla 1.

Terraza	Profundidad del tope de la terraza	Edad (Violante 2005)	Edad (Ponce <i>et al.</i> 2011)
TI	25-30 m, base a 70 m	11 ka (Younger Dryas?)	11 ka
TII	85-95 m	12-13 ka (Antarctic Cold Reversal?)	15 ka
TIII	110-120 m	14-15 ka	22 ka
TIV	130-150 m	16-18 ka	1 Ma (Gran Glaciación Patagónica)

Tabla 1: Edades propuestas para las terrazas. Tomado de Violante (2005) y Ponce *et al.* (2011).

Cabe destacar que, salvo en el caso de la terraza I, para el resto no puede precisarse el momento exacto de su labrado pues aún no se han corroborado con dataciones las evidencias existentes. De todas maneras, hay consenso en que el labrado de cada terraza se vincula con una interrupción de la subida del nivel del mar, seguida por una estabilización de la línea de costa que permite la formación de una superficie erosiva, base de la terraza. Debe tenerse en cuenta que, salvo la terraza I cuya extensión se limita a la zona norbonaerense, en la Patagonia sur las glaciaciones y sus efectos isostáticos pueden haber tenido cierta influencia en la formación de las terrazas (Violante *et al.* 2014a).

Se considera que la inundación marina se produjo más rápido en la plataforma patagónica que en la bonaerense, pues las isobatas (figura 4) en la zona sur están más espaciadas unas de otras que las de la zona Norte. Es decir, cuando el nivel global del mar había ascendido 10 m, en la plataforma patagónica el mar había transgredido más superficie que en la bonaerense. Así, aproximadamente a los 13 ka, la línea de costa se hallaba en la base de la terraza II (o en las cercanías), unos 90 o 100 m por debajo del nivel actual: mientras que la plataforma bonaerense se encontraba casi en su totalidad emergida, la norpatagónica ya se había reducido a la mitad. La surpatagónica, en cambio, estaba sumergida en casi un 80 % de su totalidad. La irregularidad en la forma presentada por la

isobata de 100 m se debe probablemente a desembocaduras fluviales de mayor envergadura que las actuales (Violante *et al.* 2014a). Para el caso particular de la terraza II, Violante *et al.* (2005) le asignaron una edad que coincide con la Rerversión Fría Antártica (*Antarctic Cold Reversal*, McCullock *et al.* 2000, Labeyrie *et al.* 2003). Se desconoce si este evento climático pudo o no haber causado variaciones significativas en el nivel del mar en las áreas proximales o intermedias.

Un hecho significativo es que los sedimentos más gruesos se encuentran en las terrazas más profundas, mientras que los más finos se localizan en las terrazas más modernas (Perillo y Kostadinoff, 2005). Esto es lógico si se tiene en cuenta que durante el máximo glacial y el inicio de la deglaciación, los ríos provenientes del continente tienen mayor capacidad de transporte.

Las diatomeas:

Las diatomeas son un grupo relativamente reciente en la historia de la vida en la tierra. A partir de los relojes moleculares y de la más antigua observación estratigráfica, se considera que el grupo tiene unos 200 o 190 millones de años (Medlin *et al.* 1997). Se incluyen dentro de los Stramenopile, grupo de protistas que se caracterizan, entre otras cosas, por la presencia de pelos tripartitos sobre la superficie de al menos uno de los flagelos, si están presentes y, en los fotoautótrofos, cuatro membranas envolviendo a los cloroplastos. Estos cloroplastos contienen clorofila a y c y, entre los pigmentos accesorios, el más importante es la fucoxantina, responsable del color marrón o dorado característico de estas algas. Dentro de los heterocontos (Stramenopile con flagelos heterocontos), cuyo origen se estima hace ~725 millones de años (Bhattacharya y Medlin, 2004), existe una gran diversidad morfológica: desde los gigantes *kelps* (>60 m) hasta los diminutos bolidomónadas y pelagomónadas (1-2 μm), incluyendo tanto organismos autótrofos como heterótrofos. También se ha propuesto que las diatomeas forman parte de los *Chromalveolata*, supergrupo de eucariotas que agrupa a las *Haptophyta*, *Dinophyta* y *Cryptophyta*, entre otros (Bachvaroff *et al.* 2005; Harper *et al.* 2005) pero esta teoría no está aceptada ampliamente pues no representan un grupo monofilético (Burki *et al.* 2008). Se ha identificado a partir de técnicas moleculares a los bolidofitos, organismos heterocontos marinos unicelulares desconocidos para la ciencia hasta finales de la década de 1990, como el taxón más cercano a las diatomeas (Goertzen y Theriot, 2003).

Las diatomeas están enormemente diversificadas. Actualmente, existen más de 30.000 especies válidas (Fourtanier y Kociolek, 2009a, b). Mann y Droop (1996) han estimado que existen al menos unas 200.000 especies de diatomeas, lo cual significa que solo conocemos algo más del 12% de su diversidad. Las células de las diatomeas tienen en general la misma organización celular que muchos de los protistas fotoautótrofos y, además, están protegidas por una cubierta rígida o frústulo, principalmente constituida por sílice opalina. El frústulo muestra una amplia variedad de formas que en la mayoría de los casos consiste en dos partes más o menos simétricas denominadas *valvas*, unidas entre sí por el *cíngulo*, conformado por varios elementos silíceos de menor porte.

En cuanto a la filogenia, muy poco se ha hecho hasta la fecha. Las diatomeas han sido tradicionalmente divididas en dos grandes grupos: las céntricas y las pennadas y estas últimas, a su vez, se dividen en arrafidales y rafidales (antiguamente se las subdividía a su vez en monorafidales y birafidales). Aunque las diatomeas son consideradas un grupo

natural, de estas divisiones y subdivisiones solo las rafidales parecen ser un grupo monofilético (Smol y Stoermer, 2010). Sin embargo, para la utilización de las diatomeas en las reconstrucciones ambientales no es un requisito tener una filogenia acabada del grupo sino lograr la correcta identificación de las especies.

En un determinado cuerpo de agua, la abundancia y diversidad de las diatomeas depende de las muchas combinaciones entre los parámetros ambientales, tales como pH, salinidad, temperatura, nutrientes, etc. y además, de los organismos que se alimentan de ellas. Funcionalmente, las diatomeas pueden ser descritas según su hábito de vida: planctónico, ticoplanctónico, bentónico (aquí es donde se encuentra la mayor diversidad: epipélicas, epifíticas, epilíticas y episámicas) o subaéreo y pueden vivir en solitario como también formando agregados o colonias (Smol y Stoermer, 2010). Para las de hábito bentónico influyen dramáticamente la disponibilidad y las características del sustrato, junto con el tipo de flujo del agua (Tuji 2000). Por ejemplo, muchos taxones solo dominan si el flujo es turbulento (reófilas), mientras que otros solo lo hacen en aguas tranquilas (limnófilas).

Las variaciones en el hábitat proporcionan una oportunidad para la especiación y la divergencia en las poblaciones de diatomeas. Stoermer (2001) sostiene que si se tiene en cuenta el número de posibles combinaciones en los parámetros ambientales junto con el hecho de que solo conocemos apenas algo más del 10% de las especies de diatomeas, potencialmente pueden descubrirse nuevas especies en cualquier ecosistema que se esté estudiando y que, por lo tanto, los investigadores no deberían dudar en llamar desconocido a un taxón desconocido, en lugar de forzar una identificación específica .

El ambiente salobre y las diatomeas:

Los estuarios son ambientes transicionales que se encuentran entre las desembocaduras de los ríos y el mar y cuyas características hidrológicas, morfológicas y químicas suelen ser difíciles de predecir (Day *et al.* 1989). El estudio de los estuarios, no solo desde las diferentes ramas de la biología sino también desde la geología, se incrementó a partir de la segunda mitad del siglo XX. Así, existe una gran variedad de definiciones de lo que se considera un estuario provenientes de estas disciplinas. Puesto que los ensambles de diatomeas fósiles son parte del sedimento, interesa para esta tesis la definición aportada por Dalrymple *et al.* (1992) basada en criterios sedimentológicos: “Un estuario es la porción

hacia el mar de un sistema fluvial inundado que recibe sedimento procedente de áreas fuente fluviales y marinas y que contiene facies sedimentarias influenciadas por las mareas, el oleaje y los procesos fluviales”.

Las comunidades diatomológicas son bien diferentes de acuerdo con el nivel de salinidad del cuerpo del agua; resulta entonces pertinente mencionar cuáles son los factores que pueden modificar la salinidad dentro de un estuario. Pritchard (1967) los clasificó en estuarios en cuña salina, de mezcla parcial y bien mezclado, de acuerdo con las características de la mezcla vertical entre las masas de agua dulce y salada.

En los estuarios en cuña salina el aporte fluvial es mayor que el marino, y las mareas están virtualmente ausentes. El agua salada, al ser más densa, entra al estuario por el fondo y se mezcla verticalmente con la corriente superficial, de menor salinidad. Así, existe una estratificación vertical con fuertes gradientes de salinidad y densidad, y se desarrolla una haloclina. Las dos masas de agua no se mezclan con facilidad.

Cuando un río descarga en un mar con régimen mesomareal, los estuarios están parcialmente mezclados (mezcla parcial). Debido a la fuerza de las corrientes de marea, la masa de agua se desplaza hacia arriba y hacia abajo continuamente, mezclándose lo suficiente como para que la haloclina esté mal definida.

Cuando un estuario es somero y ancho, y las corrientes de marea son relativamente más fuertes que el aporte fluvial, la columna de agua está completamente mezclada. En estos casos, denominados estuarios bien mezclados, la salinidad es la misma en la superficie y en el fondo y disminuye desde el mar hacia la tierra.

Cabe mencionar que esta clasificación es general y que incluso un mismo estuario puede presentar características de cualquiera de estas categorías, dependiendo de la época del año y del clima. Además, si el aporte fluvial es significativamente menor que el marino y la evaporación dentro del estuario es alta, entonces se pueden desarrollar condiciones hipersalinas.

Dadas estas características ambientales, los organismos estuarinos suelen estar restringidos a secciones limitadas de los gradientes, desarrollando patrones de distribución característicos (De Francesco y Isla 2003; Moore y McIntire, 1977; Ysebaert *et al.* 2003). Por otro lado, a causa de corrientes, tormentas y mareas, suelen ocurrir cambios repentinos de cualquiera de los parámetros ambientales, en especial de la salinidad. Así, bajo estas condiciones la diversidad en estos ambientes suele ser pobre si se compara con la de los ambientes continentales o de mar abierto, mucho más estables.

Las lagunas costeras o *lagoons* pueden presentar restricciones ecológicas similares a las de los estuarios, dependiendo de qué tanto esté o no la laguna conectada al mar y de si tiene o no aporte fluvial (Arche, 2010). Las diatomeas son la principal fuente de producción primaria en los estuarios poco profundos y en las lagunas costeras, además de ser el alimento de numerosas especies de zooplancton y de organismos filtradores (Bianchi y Rice, 1988; Rzeznik-Orignac *et al.* 2003).

Las diatomeas que habitan estos ambientes de transición han sido tradicionalmente objeto de debate. Por ejemplo, no es fácil definir qué es una especie de aguas salobres. Round y Sims (1981) consideraron la distribución de los géneros de diatomeas de acuerdo con la evolución general del grupo y encontraron que más del 90 % de los géneros están confinados al ambiente marino o al dulce y que solo unos pocos géneros son propios de aguas salobres. Esto significa que si una especie habita exclusivamente allí entonces no debería encontrarse (o estar en un número muy bajo) en las zonas de transición entre el agua marina y su hábitat natural y lo mismo ocurriría con respecto al agua dulce. Todas las especies que habitan estos ambientes de transición deberían considerarse o marinas o de agua dulce, con diferentes grados de tolerancia a variaciones en el rango de concentración de sales en el medio (eurihalinidad). Así, bajo estas condiciones y como resultado de numerosos “cuellos de botella” genéticos, la probabilidad de encontrar especies endémicas en los ambientes de transición es muy alta (Carpelan, 1978).

A nivel mundial, los trabajos de referencia para las diatomeas de ambientes de transición están basados principalmente en las especies del mar Caspio donde las especies endémicas son muy numerosas y las del mar Báltico, cuyas asociaciones diatomológicas son una mezcla entre especies marinas y de agua dulce. Aunque de importancia algo menor, existen trabajos de diatomeas de estuarios de Australia y Sudáfrica (Stoermer, 2010) que también son de referencia. Cabe destacar que muchas especies (especialmente las formas más pequeñas) de todos estos lugares, no han sido formalmente descritas.

En cuanto al uso del grupo como indicador de cambios en la salinidad, hay que tener en cuenta que las especies son seleccionadas naturalmente más por su capacidad para adaptarse a los cambios ambientales repentinos (en especial de la salinidad) que por sus parámetros ecológicos óptimos. Además, una especie dada reaccionará distinto en cuerpos de agua diferentes porque las restricciones ambientales (acidez, temperatura, régimen lumínico, concentración de nutrientes, exposición al oleaje, interacciones bióticas) varían de un lugar a otro. Si bien esto es aplicable a las diatomeas de cualquier ecosistema, es en el ambiente

transicional de estuarios y lagunas costeras donde la ecología del grupo es más compleja, debido a los cambios repentinos mencionados anteriormente (Smol, 2010).

Tradicionalmente, las especies de aguas salobres han sido clasificadas de acuerdo con sus rangos de tolerancia a la salinidad, en cinco o más grupos en el “sistema de halobios” (Kolbe 1927). Este sistema ha sido usado ampliamente y ha sufrido numerosas modificaciones, y está basado en las especies del hemisferio norte (Carpelan, 1978). Hoy en día, las clasificaciones de diatomeas de aguas costeras están basadas en la tolerancia específica a la salinidad. Vos y De Wolf (1988, 1993) realizaron una clasificación sumamente utilizada para las tolerancias específicas, basándose en el sistema “Venice” (Anonymous, 1959):

Polihalobias: especies cuyo óptimo ecológico ocurre en la salinidad marina (>30 psu).

Mesohalobias: especies que soportan las condiciones salobres en toda su extensión (0,2 psu – 30 psu).

Oligohalobias – Halofilas: especies cuyo óptimo está en aguas apenas salobres (<0,2 psu).

Oligohalobias Indiferentes: especies cuyo óptimo está en agua dulce pero son tolerantes a condiciones levemente salobres.

Halophobias: especies que solo soportan el agua dulce (<0,05 psu).

Vos y De Wolf (1993) presentaron un método para reconstruir ambientes sedimentarios a partir de las diatomeas típicas de ambientes clásticos de los humedales (marismas, esteros, pantanos, etc.). Además, confeccionaron una base de datos con las especies y los grupos ecológicos más frecuentes de estos ambientes y trataron el tema de las formas autóctonas y alóctonas, problema común y de difícil resolución en estas zonas de transición entre el continente y el mar, donde la influencia mareal suele ser importante.

Tanto la vegetación como las comunidades diatomológicas de los ambientes transicionales dependen de la batimetría y de la latitud. En las latitudes altas, la vegetación típica de las marismas es principalmente herbácea, mientras que en las bajas latitudes dominan los manglares. Existen diversos tipos de formas de vida en las diatomeas que habitan estos ambientes. Las formas pelágicas o planctónicas flotan hacia la costa con las corrientes y las mareas, las epifíticas crecen adheridas a plantas de mayor porte, a raíces o a otras algas, las epipélicas habitan sobre la superficie de sedimentos pelíticos, las epilíticas viven adheridas a las rocas de la costa, y las episámicas habitan o se mueven junto a los sedimentos arenosos (Sullivan y Currin, 2000).

Aunque las diatomeas son abundantes y se suelen preservar bien en los ambientes transicionales, bajo ciertas circunstancias puede ocurrir una destrucción tanto diagenética como mecánica. Valvas muy fracturadas o erosionadas pueden indicar un ambiente intermareal de alta energía mientras que una preservación excelente sugiere un rápido soterramiento con escasas modificaciones pre- y post-depositacionales (Hemphill-Haley, 1995).

A partir del estudio de las diatomeas fósiles de la laguna de Mar Chiquita y Río Quequén Grande, Hassan (2008) concluyó que las características ecológicas pretéritas de los estuarios y lagunas costeras quedan reflejadas en los ensambles de diatomeas fósiles. Si bien esta conclusión no puede extrapolarse más allá del ámbito local de Mar Chiquita y Río Quequén Grande, en general se considera que, en los ambientes transicionales, esto ocurre especialmente con todos los ensambles bentónicos; los fósiles o subfósiles de las formas planctónicas son muy problemáticos en estos ambientes, porque pueden ser transportados fuera de su hábitat. De hecho, Vos y De Wolf (1993) recomiendan considerar a las formas planctónicas como elementos alóctonos, mientras que las formas epifíticas y episámicas serían autóctonas.

Materiales y métodos

Ubicación y descripción del testigo

Se analizó el testigo SHN-T394, de 215 cm de longitud extraído en el borde de la plataforma externa (40°09,8676´ S - 57°14,9600´ O) a 100m de profundidad durante la campaña “Litoral bonaerense V (LBV, B/O Puerto Deseado – MinDef-CONICET-, 12-23 de Junio de 2012).

Para la elección del lugar de extracción del testigo, se buscaron zonas con potencial preservación de las secuencias litorales pleistocenas. En el área de trabajo existe una inflexión de la isobata de 100 m hacia el continente que modela una extensa depresión (figura 1a). Por debajo de los 70 m de profundidad, los sedimentos que constituyen el fondo son arenas finas con bioclastos tamaño grava y niveles arcillosos; mientras que hacia el este del alto topográfico (Figura 1b), los bioclastos tamaño grava son los dominantes (Violante *et al.* 2014b).

Por otro lado, en las zonas más cercanas a la costa y con una profundidad menor de 70 m existen gravas de composición variada, que Spalletti y Isla (2003) y Melo *et al.* (2003) han asociado a facies de alta energía pertenecientes a depósitos deltaicos formados en desembocaduras primitivas del río Colorado. Teniendo todo esto en cuenta, el lugar de donde se extrajo el testigo no solo tenía un potencial de preservación adecuado sino que también existía la posibilidad de que se hubiera encontrado allí una antigua desembocadura de dicho río.

El testigo SHN-T394 extrajo un paquete sedimentario de 215 cm de longitud, aunque la longitud original fue de 275 cm pues entre los 135 cm y los 195 cm el *liner* de extracción estaba vacío (figura 7). Según Robinson (1990), este vacío es propio de las maniobras de extracción y no representa una discontinuidad por pérdida de material. Por lo tanto se considera que todo este paquete sedimentario del testigo tiene continuidad, eliminando el intervalo sin sedimento.

Se reconocen cuatro unidades sedimentológicas que se describen a continuación, desde la base hasta el techo (Violante *et al.* 2014b):

Unidad A (base, 215-135 cm): arenas finas a medianas parcialmente limosas gris muy oscuro, con niveles limosos negruzcos, laminados; las fracciones más finas dominan en el techo. Aparecen bioclastos de tamaño arena gruesa a grava fina en una proporción de 5% que aumenta notoriamente en los 5 cm basales. Son frecuentes los fragmentos y valvas enteras de bivalvos y gasterópodos. Las

asociaciones de microfósiles (no se incluyen la diatomológicas) están compuestas por escasos foraminíferos parcialmente disueltos o incrustados por carbonatos, y abundantes valvas bien preservadas de ostrácodos típicos de ambientes oligomesohalinos. Se interpreta esta secuencia como un ambiente fluvial a límnic, labrado sobre un antiguo depósito de playa distal/médano.

Unidad B (135-89 cm): de carácter arenoso y fangoso heterogéneo, comienza en la base con un intervalo de 10 cm que contiene niveles arcillo-limosos gris verdosos, en capas entre 1 y 3 cm de espesor, intercalados con arenas finas negro-verdosas. La estructura es de tipo laminación ondulítica. Sigue por encima arena fina fangosa gris muy oscura, bioturbada, con bioclastos en proporciones decrecientes de base a techo. En los 20 cm superiores el sedimento se hace más limo-arcilloso gris verdoso oscuro con menor grado de bioturbación, con laminación de arcillas verde claro de tipo heterolítico afín a ambientes mareales. Los bivalvos, tanto con las valvas enteras como fragmentadas, son especialmente abundantes en los niveles 124-121 cm, 118-116 cm, 110-108 cm y 100 cm. Aparecen escasos foraminíferos típicos de ambientes mixohalinos. Entre los ostrácodos, que son abundantes, la presencia de *Cyprideis hartmanni* y *Limnocythere staplini* sugiere conexión con ambientes continentales. En los niveles más arcillosos entre 135-127,5 cm y 103-101cm son abundantes los restos vegetales y las carofitas. La unidad contiene biomineralizaciones de sílice amorfa hidratada (silicofitolitos), abundantes en los niveles superiores, y de hierro (pirita framboidal y poliframboidal), más abundantes en los inferiores. Los restos vegetales del nivel 135 cm fueron datados por AMS 14C, dando una edad de 12.680 ± 50 años 14C AP (15.110- 15.020 años cal AP). Las características litológicas, estructuras sedimentarias y asociaciones fósiles permiten establecer, en la parte basal, la existencia de ambientes con significativa influencia continental, pasando a fluvio-marinos o estuáricos de aguas salobres afectadas por acción de mareas; y más arriba a una laguna costera mixohalina bien vegetada de carácter estuárico con creciente influencia marina. Las biomineralizaciones señalan pedogénesis en condiciones de saturación con el desarrollo de suelos tipo Gley en zonas costeras adyacentes a la paleocosta, con afectación creciente hacia arriba por retrabajo del sustrato como consecuencia de la transgresión marina, lo cual favoreció la instalación de ambientes reductores (Osterrieth *et al.* 2014).

Unidad C (89-10 cm): de carácter predominantemente bioclástico, se inicia con un nivel de 25 cm de arena mediana que en el tercio superior gradúa a limo, con proporciones variables (10 a 80 %) de fragmentos de bivalvos; se observan sectores con laminación ondulática y finas capas lentiformes. En los intervalos 78-77 cm y 76-75 cm se encontraron ejemplares de bivalvos infaunales en posición de vida con las valvas cerradas, preservando en su interior un sedimento arcilloso gris oscuro; el espécimen del intervalo 76-75 cm fue datado dando una edad corregida por efecto reservorio de 11020 ± 680 años 14C AP (13180-11280 años cal. AP). Los ostrácodos son de afinidad marina y permiten inferir un ambiente de llanuras de mareas mixohalinas o estuario exterior. Los foraminíferos son escasos y están representados por especies típicas de lagunas costeras mixohalinas o estuario exterior. Por encima de 64 cm se desarrolla una grava bioclástica de base erosiva compuesta en su mayoría por bivalvos que suelen estar incrustados con cirripedios y tubos de serpulidos, y son abundantes abundantes en el tramo medio de la unidad. Las conchillas de bivalvos se encuentran desarticuladas y presentan alta fragmentación, mientras que el redondeamiento y la abrasión son bajos, y solo ocasionalmente aparecen ejemplares articulados no fragmentados de bivalvos infaunales y gastrópodos. La orientación de los bioclastos es caótica con respecto a la estratificación, excepto en la parte superior, donde los bivalvos se disponen en gran parte concordantes con respecto a la estratificación y dispuestos cóncavos hacia abajo en una secuencia de tamaños decrecientes hacia arriba. La alta fragmentación de las conchillas indica que los bioclastos provendrían de un ambiente de alta energía permanentemente sometido a la acción del oleaje, como ocurre en sectores de anteplaya entre la baja marea y el nivel de base de olas de buen tiempo (Johnson y Baldwin 1996). La depositación final podría vincularse a eventos de tormenta con capacidad de re TRABAJAR las conchillas presentes en la interfase sedimento-agua y exhumar bivalvos infaunales. La orientación caótica y los contactos erosivos avalan esta interpretación. La mezcla de estados de preservación y la presencia de conchillas con incrustantes pone en evidencia repetidos eventos de exhumación y depositación, producto de la capacidad erosiva de las tormentas.

Unidad D (tope, 10cm-superficie): los ensambles de diatomeas de esta unidad no se estudian en esta tesis. A partir de la litología y de los foraminíferos se le asigna al depósito un típico ambiente de plataforma de probable edad holocena.

Así, esta sucesión de cuatro unidades permite afirmar la evolución de la plataforma durante la transgresión, luego del último máximo glacial. Se registra el cambio desde ambientes fluvio–estuáricos, posiblemente vinculados al cauce del antiguo Río Colorado, hacia un sistema de estuario con importante influencia continental. A partir de las facies estudiadas se considera que antes de 15000 AP la línea de costa se encontraba al Este del área de muestreo, por debajo de los 100 m de profundidad y en concordancia con el nivel del mar considerado para el último máximo glacial. Luego de esto, entre los 15.000 y los 12.600 AP, el estuario evolucionó hacia una laguna costera mixohalina con mucha vegetación y limitada conexión con el mar. Conforme avanzaba la transgresión, la conexión con el mar aumentaba y comenzaban a dominar las facies arenosas bioclásticas litorales. Alrededor de los 11.000 AP, evolucionó un sistema de isla barrera con playa expuesta a la acción de las tormentas, causa de los bancos de conchillas. Finalmente, la transgresión marina impuso las condiciones típicas de plataforma cubriendo la secuencia (Violante *et al.* 2014b).

Análisis de diatomeas

El desarrollo de la tesis constó de dos partes: la primera, experimental, consistió en el procesamiento y análisis cuali y cuantitativo de los ensambles de diatomeas recuperados de las submuestras analizadas y se desarrolló exclusivamente en el Laboratorio de Diatomeas Continentales del DBBE (FCEyN-UBA) e IBBEA (UBA-CONICET). La segunda consistió en la interpretación de los resultados obtenidos y se llevó a cabo tanto en el citado laboratorio como en el Laboratorio de Sondeos Continentales y Marinos (SACMa, IDEAN). Se extrajeron 27 muestras entre los 44 cm y los 220 cm (Tabla 2), de aquellos niveles del testigo que ya habían sido estudiados con los demás proxies y que probablemente reflejaran un ambiente de transición.

Muestra	Profundidad (cm)	Fertilidad	Muestra	Profundidad (cm)	Fertilidad
SHN-T394 - 1	44,5 – 47	Infértil	SHN-T394 - 17	108 – 112	Fértil
SHN-T394 - 2	47 – 56	Infértil	SHN-T394 - 18	112 – 114	Fértil
SHN-T394 - 3	56 – 62	Infértil	SHN-T394 - 15	104 – 106	Fértil
SHN-T394 - 4	62 – 68	Infértil	SHN-T394 - 16	106 – 108	Fértil
SHN-T394 - 5	68 – 75	Infértil	SHN-T394 - 17	108 – 112	Fértil
SHN-T394 - 6	75 – 82	Infértil	SHN-T394 - 18	112 – 114	Fértil
SHN-T394 - 7	82 – 86	Infértil	SHN-T394 - 19	114 – 117	Fértil
SHN-T394 - 8	86 – 88	Fértil	SHN-T394 - 20	117 – 120	Fértil
SHN-T394 - 9	88 – 91	Fértil	SHN-T394 - 21	120 – 122	Fértil
SHN-T394 - 10	91 – 94	Fértil	SHN-T394 - 22	122 – 126	Fértil
SHN-T394 - 11	94 – 96	Fértil	SHN-T394 - 23	126 – 128	Fértil
SHN-T394 - 12	96 – 99	Fértil	SHN-T394 - 24	128 – 131	Fértil
SHN-T394 - 13	99 – 102	Fértil	SHN-T394 - 25	131 – 135	Fértil
SHN-T394 - 14	102 – 104	Fértil	SHN-T394 - 26	208 – 210	Fértil
SHN-T394 - 15	104 – 106	Fértil	SHN-T394 - 27	210 – 220	Fértil
SHN-T394 - 16	106 – 108	Fértil			

Tabla 2: listado de las muestras analizadas y su ubicación en el testigo (estéril: menos de 100.000 valvas/cm³; fértil: más de 100.000 valvas/cm³).

Las muestras se procesaron de acuerdo a las técnicas estándar para el estudio cualitativo y cuantitativo (número de individuos por unidad de peso seco) de diatomeas

(Battarbee, 1986). Una fracción de cada muestra fue secada en estufa a 80°C con el objeto de determinar el peso seco. Las muestras fueron oxidadas con H₂O₂ 100 Vol en caliente (aprox. 80°C) para la eliminación de la materia orgánica, lo que facilita la correcta observación de los caracteres diagnósticos. La suspensión resultante se neutralizó mediante sucesivos lavados con agua destilada. Con el objeto de determinar la concentración más apropiada para la correcta identificación y recuento de las valvas, se realizaron preparados de prueba. Los preparados permanentes se confeccionaron con resina Naphrax® como medio de montaje. Estos preparados quedaron depositados en la colección del Laboratorio de Diatomeas Continentales (Departamento de Biodiversidad y Biología Experimental, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires) bajo los números JP-44 al JP-220. Las observaciones se realizaron con un microscopio óptico binocular Polivar Reichert-Jung, provisto de óptica DIC y equipado con cámara fotográfica automática digital. También se realizaron algunas observaciones con el microscopio electrónico de barrido Carl Zeiss SUPRA 40 del Centro de Microscopias Avanzadas de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UBA).

Se estimó la abundancia relativa (%) de las diatomeas con el fin de determinar cómo variaban las proporciones de las distintas especies a lo largo de la secuencia analizada. Se realizaron barridos continuos en cada preparado, contando un mínimo de 400 valvas y/o fragmentos que representaran más del 50% de una valva. Las especies que superaron el 3 % en al menos una muestra son las que se utilizaron para la reconstrucción ambiental. Los resultados fueron transformados a porcentajes y se plotearon *versus* la profundidad utilizando el software Tilia v1.7.16 (Grimm, 1991) (figura 8).

Con el objeto de registrar los caracteres diagnósticos, de todos los ejemplares contabilizados solo se fotografiaron a los mejores conservados o aquellos en los que cierto carácter se mostrara más definido (figuras 10 - 14). Los especímenes se midieron sobre las fotografías utilizando el programa Axiovision (Zeiss). Para la identificación taxonómica se consideró el rango de variación de rasgos morfológicos (contorno valvar, forma del área axial y central, tipo de rafe, orientación de las estrías, etc.) y morfométricos (longitud de los ejes apical y transapical, la cantidad de estrías, areolas y fíbulas en 10 µm, etc.). La identificación se basó principalmente en las monografías de Krammer y Lange-Bertalot (1986; 1988; 1991 a y b) y trabajos específicos de autores varios. Las preferencias ecológicas de las especies identificadas fueron tomadas de Voss y De Wolf (1988, 1993), Hassan (2010) y otros trabajos específicos.

Para proponer una interpretación ambiental de las secciones estudiadas del testigo se realizó una zonación basada en el análisis de agrupamiento (software Tilia Grimm 1993), en las características tafonómicas de las muestras y en las variaciones en la abundancia absoluta.

Resultados

Los resultados se ilustran en la figura 8. En las 7 muestras cuspidales de las 27 analizadas (tabla 2, SHN-T394 – 1 hasta SHN-T394 – 7) se hallaron principalmente fragmentos de valvas y unas pocas valvas enteras pero muy erosionadas. Bradbury (1988) considera que en muestras con menos de 100.000 valvas /cm³ no se pueden inferencias paleoambientales por lo que estas 7 fueron consideradas como estériles. En las 20 muestras restantes, se halló un número suficiente de valvas como para poder estimar confiablemente las abundancias relativas y absolutas.

El análisis cuantitativo de las 20 muestras consideradas como fértiles reveló una abundancia absoluta de diatomeas que varió aproximadamente entre las 130.000 y 15.000.000 valvas por gramo de sedimento seco. En el centímetro 84, primer nivel fértil, se contabilizaron 135.500 valvas/gr, apenas por encima del número necesario para considerarla como fértil. A partir de allí, y hacia niveles estratigráficos inferiores la abundancia aumenta con algunas oscilaciones hasta el nivel 108 cm pero siempre manteniéndose por debajo de las 2.000.000 de valvas/gr. Desde los 112 cm hasta los 135 cm, la abundancia estuvo entre 8.000.000 y 15.000.000 de valvas/gr. En los dos últimos niveles, 208 y 215 cm, la abundancia cayó drásticamente a escasas 250.000 valvas/gr.

Se reconocieron 38 géneros (2 de céntricas radiales, 11 pennadas arafidales, 21 birrafidales y 4 monorrafidales) y 61 taxones infragenéricos (2 céntricas radiales, 8, 16 pennadas arafidales, 8 monorrafidales y 35 birafidales). Algunos de estos taxones, especialmente aquellos pobremente representados, no pudieron ser asignados a ninguna especie conocida fundamentalmente debido a la alta erosión que presentaban las valvas.

El género *Karayevia* estuvo representado por dos morfotipos que no pudieron ser asignados a ninguna especie conocida. Uno de ellos, aquí denominado *Karayevia* sp. 1, estuvo presente en gran número a lo largo de los 21 preparados fértiles, mientras que *Karayevia* sp 2 se halló solo en los dos niveles más antiguos (SHN-T394 – 26, 27).

Los géneros *Staurosira*, *Staurosirella* y *Pseudostaurosira* y las formas asignables al género *Opephora* estuvieron representados por valvas de un tamaño tan pequeño que fue imposible identificar y contar las especies solo con microscopio óptico (MO). Su bajo número no permitió hallarlas en los preparados observados con microscopio electrónico de barrido (MEB). Estas diatomeas suelen formar cadenas reunidas por imbricación de espinas difíciles de separar durante el proceso de eliminación de la materia orgánica, por ello fue poco frecuente hallar en los preparados permanentes valvas en posición adecuada para su

identificación. Como las características ecológicas de estos géneros en los ambientes de transición son similares, a los fines prácticos en este trabajo se las agrupó bajo la denominación de “fragilarioides”.

A partir del análisis de agrupamiento, se reconocieron 4 zonas (Figura 8).

Zona 1 (209 – 220 cm): Esta zona se caracteriza por la escasa abundancia de diatomeas aunque representadas por valvas enteras y muy poco erosionadas (Fig. 13: 5) en contraste con las zonas siguientes. Predomina *Karayevia* sp., acompañada por, *Karayevia* sp 2, mientras que *P. delicatulum* y *C. placentula* aparecen con una abundancia similar, seguidas por *N. tenelloides*, *N. salincola* y *Anorthoneis aff dulcis* en tercer orden de abundancia.

Zona 2 (102 – 135 cm): En esta zona, los fragmentos son frecuentes y las valvas se observan bastante erosionadas (fig. 14: 5 y 6). Predomina principalmente *Karayevia* sp 1, seguida por *Planothidium delicatulum*. *Cocconeis placentula* disminuye su abundancia relativa progresivamente desde la base al techo pero siempre con menor abundancia que las otras dos especies. Las “fragilarioides” están presentes a lo largo de toda la zona, en porcentajes menores a los de *C. placentula*. Aparecen esporádicamente, en algunos niveles *Tryblionella apiculata*, *Navicula tenelloides*, *N. salincola* y *Navicymbula pusilla*.

Vale la pena mencionar que aunque la separación entre la zona 1 y la 2 no se justifique a partir del análisis de agrupamiento (basado exclusivamente en las abundancias relativas de las especies) sí se justifica a partir de las características tafonómicas y de la diferencia entre las abundancias absolutas, tal como se acaba de describir. Además, el hecho de que *Anorthoneis dulcis* y *Karayevia* sp 2 solo se encuentren en la zona 1 también justifica dicha separación.

Zona 3 (82 – 102 cm): la mayoría de las especies a lo largo de toda la zona están representadas por fragmentos, cuyo su número aumenta hacia el techo. Con valvas enteras, predomina *Grammatophora oceanica* y, en menor medida, *Planothidium delicatulum* y *Karayevia* sp 1. *Diploneis smithii* y *Anorthoneis aff. pulex* son ocasionalmente importantes aunque con una abundancia mucho menor a la del resto. Las fragilarioides, que están representadas por fragmentos o valvas muy erosionadas, son relativamente abundantes en el techo de esta zona (82 – 89 cm).

Zona 4 (44 – 82cm): predominan casi exclusivamente los fragmentos de valvas de las principales especies de las zonas anteriores. Los fragmentos fueron más abundantes en los niveles más bajos que en los más altos. En la base se observaron algunas valvas completas pero muy erosionadas.

Descripción de los géneros y especies dominantes y sus características ecológicas:

En los catálogos de los autores mencionados se puede obtener la cita de los autores de las especies.

***Anorthoneis* Grunow 1868**

Los frústulos son heterovalvares (una valva con rafe y la otra sin rafe). Las valvas son elípticas con una pequeña o marcada asimetría en relación con el eje apical. La altura pervalval es baja. El área central es excéntrica y angosta. En una de las valvas hay un rafe recto y angosto que termina a cierta distancia del extremo de la valva. Suele haber un rafe “vestigial” en la otra valva. Las areolas son redondeadas, aunque hacia las más cercanas al manto van achicándose, perdiendo la forma circular. Una zona asimétrica central y libre de areolas puede estar presente en una o en las dos valvas. El arreglo de las areolas es radial y puede ser distinto en ambas valvas.

Género marino litoral, epifítico o episámico, salvo *Anorthoneis dulcis*, de aguas continentales.

***Anorthoneis aff. dulcis* Hein 1991 (Fig. 10: 1-3)**

Las valvas son elípticas. El área axial es excéntrica y estrecha; la zona central es de forma irregular y expandida unilateralmente. El rafe es recto y excéntrico, con los extremos centrales rectos y con un nódulo central prominente. Los extremos terminales no llegan hasta los ápices de la valva. Las estrías son radiadas y uniseriadas, pero se convierten en biseriadas cuando están alcanzando el manto.

Dimensiones: eje apical 14,5 – 18 μm ; eje transversal 10,5 – 15,5 μm ; estrías en 10 μm 12 – 18; areolas en 10 μm 14 - 18.

Observaciones: este material fue recuperado exclusivamente de la Zona 1, que tiene una muy baja abundancia diatomológica. Solo pudimos observar escasos ejemplares y solamente con MO, y estos tenían una densidad de estrías (20) que apenas sobrepasaba el rango característico de la especie. Otro de los caracteres diagnósticos de la especie es la

bifurcación de las estrías marginales, rasgo que solo es visible con MEB. Por lo tanto será necesario observar más ejemplares, con MO y MEB, para poder realizar una asignación taxonómica precisa.

Anorthoneis aff. pulex Sterrenburg 1988 (Fig. 10: 4-6)

Valvas generalmente oblongas y con un área axial angosta, algo más ancha en el centro formando una zona hialina de forma irregular. El rafe es recto y sus extremos terminales llegan casi hasta los ápices de la valva. Las estrías son curvadas y radiadas.

Dimensiones: eje apical 9 – 13 μm ; eje transversal 6 – 7,5 μm ; estrías en 10 μm de 20 – 24 (27).

Observaciones y ecología: especie marina litoral epifítica. Algunos de los ejemplares recuperados en este estudio poseen una densidad de estrías algo mayor que la reportada en la literatura.

Cocconeis Ehrenberg 1837

Los frústulos son heterovalvares (una valva con rafe y la otra sin rafe) y no están curvados en vista cingular. Las valvas son elípticas, a veces casi circulares. La valva con rafe puede ser desde moderada hasta fuertemente convexa, mientras que la valva sin rafe, desde plana hasta moderadamente convexa. Las estrías son uniseriadas y diferentes en ambas valvas, tanto en la densidad como en la disposición y la forma de las areolas. En algunas especies, la valva con rafe tiene una o más áreas hialinas marginales o submarginales que interrumpen las estrías. Células solitarias, libres o que se adhieren al sustrato por la valva con rafe.

Género epifítico y epilítico, en aguas continentales, salobres y marinas.

Cocconeis placentula Ehrenberg 1838 (Fig. 10: 7-9; Fig. 14: 1)

Las valvas son elípticas con extremos bien redondeados. La valva con rafe posee un área axial lineal y angosta, y un área central circular y pequeña. El rafe es recto. Las estrías están paralelas finamente areoladas e interrumpidas por un anillo hialino submarginal delgado. La valva sin rafe posee un área axial angosta y lineal. El área central está ausente. Las estrías poseen areolas cortas, elongadas transversalmente.

Dimensiones: eje apical 8-12 μm ; eje transapical 6-8 μm ; estrías en 10 μm 28 – 33.

Observaciones: especie cosmopolita y epifítica. Vos y De Wolf (1993) consideran a esta especie epifítica, oligohalobia indiferente y de aguas templadas. Hassan (2010) la considera eurihalina (0 – 34 psu).

Diploneis Ehrenberg ex Cleve 1894

Células solitarias con dos plastos; frústulos sin bandas intercalares ni septos. Las valvas son elípticas, lineal-elípticas o panduriformes con extremos redondeados. El rafe es filiforme y con las fisuras terminales curvadas o en forma de gancho. A cada lado del rafe hay un canal longitudinal continuo, llamado *conopeum*, que está cerrado al interior, pero abierto externamente por una o más hileras de poros. Las estrías son muy complejas y cambian de estructura a través de la valva. Las areolas son loculadas y se abren al exterior por aperturas grandes, circulares o elongadas transversalmente; en el lado interno hay una membrana silíceo finamente porosa, que puede o no estar restringida a una única areola. Género epipélico predominantemente marino con algunas especies en agua dulce.

Diploneis smithii (Brébisson in W. Smith) Cleve 1894 (Fig. 11: 4)

Valvas lineares o elípticas con ápices bien redondeados. Área central relativamente pequeña, formando un área hialina, irregular, circular a rectangular. Estrías biseriadas, con areolas notables, con disposición casi paralela en el centro de la valva y radiales hacia los extremos.

Dimensiones: eje apical 25 - 200 μm , eje transversal 15–75 μm ; estrías en 10 μm 5 – 8.

Observaciones: de acuerdo con Vos y del Wolf (1993), esta especie es marina-salobre, bentónica epipélica, polihalobia, de aguas templadas. Hassan (2010) la considera oligohalobia (<0,2 psu).

Grammatophora Ehrenberg 1840

Las valvas son elongadas, a veces onduladas o incluso arcuadas con un esternón muy angosto, usualmente no distinguible con el microscopio óptico. Área central ausente. Las estrías son transversas, uniseriales y dejan un espacio libre en los extremos para los campos porosos apicales. Las areolas continúan sin interrupción en el manto e incluso en los laterales de las valvas. Las células forman colonias en zig-zag y viven adheridas a una macrofita marina o a algún otro sustrato. Todas las especies pertenecientes a este género son marinas.

Grammatophora oceanica Ehrenberg 1840 (Fig. 11: 8-10)

Valvas débilmente silificadas, que en vista cingular muestran septos ligeramente ondulados. Las valvas son lineales o lanceoladas con los ápices redondeados. El área axial es muy angosta y las estrías transapicales están finamente punteadas en arreglo “quincunx”.

Dimensiones: Eje apical 15 - 50 μm ; eje transversal 4 - 8 μm ; estrías en 10 μm 20 – 24.

Observaciones y ecología: Especie cosmopolita, muy común en las costas de todo el mundo. Tanto Hassan (2010) como Vos y De Wolf (1993) la consideran como polihalobia y epifítica en el litoral marino.

Karayevia Round y Bukhtiyarova ex Round 1998

Las valvas son elípticas a lanceoladas y pueden tener ápices dilatados. El rafe es filiforme y recto, y está externamente localizado en un canal (o entre surcos paralelos); las fisuras distales están curvadas hacia el mismo lado. Las estrías son elongadas, radiales, de irregular longitud. En ambas valvas las areolas pueden ser grandes poroides, postmacroareolas (ocupan gran parte de la estría), o macroareolas (ocupan toda la estría). Las diferentes combinaciones de estos tipos de estrías definen las especies. Los frústulos pueden tener distintos grados de heterovalvia: el grado menor se define cuando ambas valvas son exactamente iguales, salvo por el rafe; el grado mayor implica además densidad y estrías distintas entre las valvas. Género comúnmente episámico.

Karayevia sp. 1 (Fig. 10: 10-12; Fig. 13: 1-3)

Las valvas son elípticas a lanceoladas, ligeramente o bien capitadas. Presenta un primer grado de heterovalvia. El área axial es muy estrecha. Las estrías son radiales y con macroareolas. La estría central es más corta y no llega hasta el nódulo central.

Dimensiones: eje apical 7 – 10 μm ; eje transversal 3 – 5 μm ; estrías en 10 μm 28 - 30.

Observaciones: L. Bukhtiyarova (*in litt.*) considera que este materia muestra cierta semejanza con *K. submarina* (Hustedt) Bukhtiyarova pero la bibliografía sobre esta especie es bastante escasa y la información es contradictoria. Podría tratarse de un nuevo taxón. Es necesario observar con MO y MEB más ejemplares para poder realizar una asignación taxonómica precisa.

Karayevia sp. 2 (Fig. 11: 1-3; Fig. 13: 4-6)

La valvas son elípticas y ligeramente capitadas. La heterovalvia es, en general, de primer grado, aunque en las formas más grandes la valva sin rafe difiere de la valva con rafe también por tener el área axial angostamente lanceolada. Las estrías son radiales y prevalecen en ambas valvas las postmacroareolas.

Dimensiones: Eje axial 11 – 17 μm ; eje transversal 4,5 – 5,5 μm ; estrías en 10 μm 22–26 .

Observaciones: Este material fue recuperado de la Zona 1 donde las valvas recuperadas fueron sumamente escasas. Por lo tanto, no fue posible observar con SEM un número suficiente de ejemplares como para hacer una descripción más precisa. L. Bukhtiyarova (*in litt.*) considera que, si bien al MO este material se asemeja a *K. amoena* (Hustedt) Bukhtiyarova, la morfología de las valvas es distinta. Es necesario observar con MO y MEB más ejemplares para poder realizar una asignación taxonómica precisa.

Navicula Bory 1822

Las valvas son elípticas o lanceoladas y los extremos pueden ser capitados, agudos y redondeados, o no estar expandidos. El esternón está engrosado y puede ser algo asimétrico. Las valvas pueden o no poseer pseudoseptos. El rafe es recto y filiforme, o lateral en algunas especies. Los extremos proximales del rafe están ligeramente desviados hacia un lado. El área central puede estar expandida pero sin formar una *fascia*. Las estrías están formadas por areolas lineoladas (elongadas en sentido apical).

Navicula salinicola Hustedt 1939 (Fig. 11: 11 y 12)

Las valvas son lineales o lanceoladas con los extremos redondeados. El área axial es muy angosta y la zona central es muy pequeña o está incluso ausente. El rafe es filiforme y con los poros centrales cerrados. Las estrías son paralelas o ligeramente radiales en el centro y convergentes hacia los ápices.

Dimensiones: Eje apical 7 – 20 μm ; eje transversal 2 – 4,5 μm ; estrías en 10 μm 13 – 20.

Ecología y observaciones: se encuentra en estuarios, costas o desembocaduras de ríos; más raramente en agua dulce con un alto contenido de electrolitos. Especie de distribución cosmopolita.

Navicula tenelloides Hustedt 1937 (Fig. 11: 13 y 14)

Las valvas son angostas, lanceoladas o lineales lanceoladas; los extremos pueden ser bien redondeados tanto como obtusos. El área axial es muy angosta y el área central es pequeña y de forma irregular. El rafe es filiforme. Las estrías son relativamente robustas, fuertemente radiales y convergentes mucho antes de llegar a los extremos.

Dimensiones: eje apical 14 - 21 μm ; eje transversal 2,5 - 4 μm ; estrías en 10 μm 15 - 17.

Ecología y observaciones: puede encontrarse en muy variados ecosistemas con contenidos electrolíticos muy dispares. Distribución cosmopolita.

Navicymbula Krammer 2003

Las valvas son cymbelloides, asimétricas con respecto al eje apical y con una apariencia muy similar a la de *Navicula*. El rafe está en posición central. Los extremos distales del rafe están curvados dorsalmente. Las estrías están formadas por areolas lineoladas en el sentido apical. Las valvas carecen de campos porosos apicales.

Navicymbula pusilla (Grunow) Krammer 2003 (Fig. 12: 1)

Las valvas tienen un margen dorsal algo arqueado y un margen ventral recto o ligeramente arqueado. Los ápices son redondeados. El área axial es estrecha, aunque se ensancha en el centro de la valva formando una pequeña zona central lanceolada. El rafe es recto y débilmente lateral, con los extremos proximales externos y los extremos distales doblados hacia el lado dorsal. Las estrías son radiales en el centro, convirtiéndose en convergentes hacia los extremos. Las areolas son elongadas apicalmente y tienen una densidad de 45 – 55 en 10 μm .

Dimensiones: eje apical 16 - 33 μm ; eje transversal 4 - 6 μm ; estrías en 10 μm 16 – 18 en el centro y 19 – 20 μm en los extremos.

Ecología: especie de aguas salobres.

Planothidium Round y Bukhtiyarova 1996

Células que se adhieren a un sustrato por la valva con rafe; los frústulos son heterovalvares en menor o mayor grado, según la especie. Las valvas son elípticas o elíptico lanceoladas y pueden tener los ápices levemente dilatados, hasta capitados. La valva con rafe es ligeramente cóncava con un área axial variable; las fisuras distales del rafe aparecen curvadas hacia el mismo lado; las estrías son continuas o pueden estar interrumpidas en la zona media de la valva. La valva sin rafe es ligeramente convexa y puede presentar una depresión (*sinus*) o una cavidad (*cavum*). Las estrías son multiseriadas.

El género es bentónico episámico o epilítico, y de distribución cosmopolita.

Planothidium delicatulum (Kützing) Round y Bukhtiyarova 1996 (Fig. 11: 5-7; Fig. 14: 2)

Las valvas son lanceoladas con ápices subrostrados. La valva con rafe tiene un área axial estrecha que se ensancha hacia el centro formando una zona ligeramente asimétrica y redondeada. El rafe es recto con extremos proximales expandidos. La valva sin rafe tiene un área axial levemente lanceolada. Las valvas pueden carecer de una zona central distinguible, simplemente dos estrías centrales distan entre ellas más de lo que lo hacen sus análogas del otro lado del rafe. Las estrías son muy radiadas en la valva con rafe y ligeramente radiadas en la valva sin rafe.

Dimensiones: eje axial 12 – 20 μm ; eje transversal 4,5 – 7,5 μm ; estrías en μm 12 – 15 μm .

Observaciones y ecología: se trata de una especie muy polimórfica y se considera que su taxonomía necesita ser revisada porque parece ser un complejo de especies más que una única entidad taxonómica. De acuerdo con Vos y De Wolf (1993), esta especie es bentónica, episámica y mesohalobia (0,2 – 30 psu) y de aguas templadas. Hassan (2010) la considera con un rango más acotado: $6,7 \pm 6$ psu.

Tryblionella Smith 1853

Las valvas son lineales lanceoladas o elípticas en algunas especies y poseen una ondulación paralela al eje apical. El rafe es excéntrico y está posicionado en un canal que corre a lo largo del margen valvar y está soportado por fíbulas. En un frústulo, el rafe de cada valva se ubica en posición opuesta con respecto a la del otro (simetría “nitschiode”).

Tryblionella apiculata Gregory 1857 (Fig. 12: 10)

Las valvas son lineales y panduriformes (constrictas en el medio y con los extremos cuneados). Los ápices son desde apiculados hasta subcapitados. Un pliegue longitudinal, que suele presentar estrías fantasmas, está presente a lo largo de toda la valva. Las estrías están emparejadas una a una con las fíbulas y pueden ser vistas alineadas unas con otras. El rafe es excéntrico y puede presentar un nódulo central que no siempre es fácil de observar.

Dimensiones: eje apical: 40 – 50 μm ; eje transversal: 5 - 7 μm ; estrías en 10 μm : 15 – 17.

Ecología: de acuerdo con Vos y De Wolf (1993), esta especie es mesohalobia y habita el epipelon.

“Fragilarioides”

Bajo esta denominación agrupamos a las diatomeas sin rafe en ambas valvas, con dimensiones inferiores a los 20 μm , imposibles de diferenciar solo con MO y que en las muestras analizadas se hallaron en un número tan bajo que solo hallamos unos pocos ejemplares en el MEB y que estaban demasiado erosionados como para identificarlos aún a nivel genérico. Sin embargo, hemos podido reconocer dos morfologías básicas a las que denominamos “opephoroides” (Fig. 12: 2-4; Fig. 14: 4) y “staurosiroides” (Fig. 12: 5-9; Fig. 14: 3). Las “opephoroides” tienen valvas heteropolares y podrían pertenecer a los géneros *Opephora*, *Staurosirella* y las “staurosiroides” son isovalvares y podrían pertenecer a los géneros *Staurosira* y *Pseudostaurosira*. Todos estos géneros se diferencian por caracteres ultraestructurales, por lo que será necesario observar más ejemplares, con MO y MEB, para poder realizar una asignación taxonómica precisa.

Discusión

Las siguientes consideraciones surgen exclusivamente del estudio de los ensambles de diatomeas y las zonas identificadas en base a ellos (figura 8). Luego estos resultados serán comparados con las interpretaciones que se han hecho a partir de otros *proxies*, tal como se describen en Violante, (2014b).

Dada la edad y la ubicación geográfica de donde fue extraído el testigo, los ensambles de diatomeas estudiados están relacionados con la terraza II y tal vez con la reversión fría antártica, tal como sugieren Violante *et al.* (2005). Esto es confirmado por las edades absolutas obtenidas en los niveles 135 cm y 76-75 cm (11020 ± 680 años 14C AP y 12.680 ± 50 años 14C AP, respectivamente) que permiten establecer que la secuencia estudiada corresponde al Pleistoceno tardío.

En las dos últimas décadas, los análisis de datos multivariados han permitido que las interpretaciones sean más precisas y comparables, pero para que el uso de estas herramientas resulte efectivo y confiable, se deben conocer las preferencias ecológicas de las especies involucradas. Uno de los problemas que se presenta en los ensambles de diatomeas del testigo aquí estudiado es, precisamente, la falta de conocimiento acerca de las preferencias ecológicas para algunas de las especies dominantes. Por ello, estas herramientas estadísticas no pueden utilizarse aquí, a menos que se pretenda forzar la identificación de las especies en cuestión (*force fitting*) para que coincidan con taxones conocidos en otras regiones geográficas (Vanormelingen *et al.* 2008). Si la identificación a nivel específico de las diatomeas es problemática con las especies actuales y conocidas más lo es con las formas fósiles que han sido sometidas a procesos tafonómicos. Además, a este problema se suma la falta de una bibliografía adecuada y actualizada para la identificación de las diatomeas argentinas, en especial las fósiles pre-Holoceno.

Los ensambles de diatomeas confirman que la sucesión se depositó en un ambiente marino somero de plataforma interna durante el proceso transgresivo posglacial. Las especies más abundantes en la sucesión pertenecen a especies episámmicas y a epifíticas propias del litoral marino o de ambientes de transición.

Teniendo en cuenta que en el plancton de ambientes marinos/estuarinos suelen predominar las diatomeas céntricas y que la cantidad de este tipo de diatomeas es sumamente escasa en la sección estudiada del testigo, se infiere que, independientemente de los cambios en la salinidad, la sección estudiada se depositó en un ambiente de *shoreface* en la plataforma interna, por encima del nivel de ola. Los escasos restos de céntricas

encontrados habrían llegado allí como consecuencia del transporte *onshore*, puesto que esas valvas están entre las más erosionadas de todo el testigo.

Si se compara la baja riqueza específica de la sección estudiada del testigo con la mayor diversidad que muestran los ensambles de diatomeas en la mayoría de lagos y ríos puede resultar sorprendente pero si se tiene en cuenta que estos ensambles se desarrollaron en un ambiente inestable, dado que todo el testigo está enmarcado en la plataforma continental durante una transgresión marina, la baja diversidad registrada queda justificada.

Karayevia sp. 1, sumamente abundante en la columna sedimentaria analizada, ha sido la especie más problemática para su identificación y, de hecho, no se pudo identificar a nivel específico. Conforme con lo sugerido por Stoermer (2001), la consideraremos como una especie nueva aunque esto implique no poder caracterizar ecológicamente el ambiente de depositación a partir de las variaciones en su abundancia. Sin embargo, se observa que a lo largo de la secuencia estudiada, su abundancia relativa está correlacionada negativa y significativamente ($-0,76$ $p < 0,05$) con la de *Grammatophora oceanica*, especie cosmopolita y epifítica del litoral marino. Así, se puede inferir que el óptimo de salinidad para *Karayevia* sp. 1 no es el del ambiente típicamente marino sino salobre o salobre-dulce. También puede considerarse que ambas diatomeas tienen distintos modos de vida, ya que las especies conocidas de *Karayevia* son epipsámicas mientras que *G. oceánica* es epifítica. Resulta improbable que *Karayevia* sp. 1 tenga un hábito planctónico porque, cuando es la especie más abundante, todas las especies acompañantes son características de ambientes someros (*Cocconeis placentula*, epifítico; *Planothidium delicatulum*, episámico, etc).

Grammatophora oceanica aparece súbitamente como la especie más abundante en la base de la zona 3 y continúa aumentando su abundancia hasta los 95 cm. Esto significaría que es en esta zona cuando se habrían establecido definitivamente las condiciones marinas vinculadas al ascenso posglacial. El descenso de la abundancia de *G. oceanica* en los últimos niveles de esta zona es consistente con la idea del desplazamiento *onshore* de ambientes de plataforma interna de alta energía. Los fragmentos de esta especie son aquí comunes, lo cual sugiere que esta diatomea continuaba siendo abundante, incluso aunque sus valvas estuvieran siendo destruidas.

Planothidium delicatulum es una especie episámica y mesohalóbica, cuyo rango de salinidad se extiende desde 0,2 psu hasta 30 psu. A lo largo de todo el testigo, es una de las especies dominantes y, como *Karayevia* sp. 1, su distribución es opuesta a la de *Grammatophora oceanica*, aunque esta tendencia es mucho menos clara ($-0,13$; $p > 0,05$). Su

dominancia, más allá de ciertas fluctuaciones, sugiere que la salinidad del ambiente de depositación estuvo siempre dentro del rango de salinidad de la especie.

El género *Anorthoneis* aparece esporádicamente como dominante pero en cantidad mucho menor a las especies antes mencionadas. Es principalmente marino y, hasta el momento, solo se ha descrito una especie en ambientes continentales americanos (*A. dulcis*). Se identificaron dos taxones (*Anorthoneis aff. vortex* y *Anorthoneis aff. dulcis*).

A partir de la presencia de numerosas formas epifíticas a lo largo de toda la secuencia estudiada, se infiere que la existencia de vegetación en la periferia o dentro del cuerpo de agua fue un factor común durante la depositación en el periodo abarcado por este estudio, independientemente de los cambios que pudieran haber ocurrido en los subambientes sedimentarios.

Ya se comentó que, cuando se trata de ambientes de transición, la marcada erosión de las valvas sugiere un ambiente mareal. Puesto que en la zona 1 la erosión de las valvas es considerablemente menor que en las zonas 2 y 3, se puede suponer que allí la acción mareal no fue muy marcada o, al menos, no lo suficiente como para erosionar las diatomeas que se estaban depositando.

Es llamativa la relación que existe, a lo largo de la sección estudiada, entre la distribución de la cantidad de fragmentos y la abundancia absoluta de valvas (ver figura 8).

En la zona 1, la abundancia de valvas es sumamente escasa mientras que en la zona 2, especialmente en la primera mitad, las diatomeas han sido muy abundantes, en cantidades comparables a las de las lagunas continentales y de agua dulce (~15.000.000 de valvas por gramo). A partir de la segunda mitad de la zona 2 e incluyendo la zona 3, la abundancia absoluta de las valvas disminuye paulatinamente, aunque con algunos altibajos. Así, en el techo de la zona 3 se encuentra el último nivel fértil.

En cuanto a la distribución de los fragmentos, la zona 1 carece de ellos, mientras que en la zona 2 son relativamente escasos. A partir del piso de la zona 3, la abundancia de fragmentos crece, llegando a un número máximo en la primera mitad de la zona 4, que perdura hasta el centímetro 65 aproximadamente. La segunda mitad de esta zona contiene muy pocos fragmentos; probablemente, durante ese lapso la erosión fue suficientemente intensa como para llevarse de allí lo que se había depositado.

Se sugiere entonces que, conforme la energía del ambiente aumenta, también aumenta su capacidad para destruir las valvas y generar fragmentos. Por lo tanto, se puede suponer que, a grandes rasgos, la energía fue de menor a mayor en toda la secuencia estudiada, alcanzando su mayor intensidad en la primera mitad de la zona 4.

Como ya se mencionó, la zona 1 se caracteriza por la escasez de valvas, con una densidad apenas por encima del límite para considerarlas como fértiles pero, a diferencia de lo que ocurre entre las zonas 3 y 2, donde el cambio en la abundancia está dentro del mismo orden de magnitud, aquí, con respecto a la base de la zona 2, el cambio es abrupto. Sin tener en cuenta los datos y las interpretaciones sedimentológicas asociadas, lo más parsimonioso es considerar la existencia de alguna discontinuidad sedimentológica entre el techo de la zona 1 y la base de la zona 2, sea por erosión o por ausencia de depositación. Esto se refuerza por el hecho de que *Karayevia* sp 2 y *Anorthoneis aff. dulcis* son exclusivos de esta zona 1 y también por la ausencia de fragmentos y porque las valvas aparecen poco erosionadas en comparación con aquellas de las zonas superiores. No obstante, puesto que están presentes y son dominantes *Karayevia* sp 1 y *Planothidium delicatulum*, especies características de las zonas 3 y 2, la discontinuidad sedimentológica no puede haber sido de gran magnitud, en cuanto a duración se refiere.

Síntesis del análisis paleoambiental en base a diatomeas

Zona 1: los depósitos corresponden a un cuerpo de agua dulce-salobre, vegetado, de poca energía y con densidad poblacional diatomológica sumamente baja. Si *Anorthoneis aff dulcis* es efectivamente *A. dulcis*, entonces el cuerpo de agua asociado a esta zona es probable que haya sido el de menor salinidad de toda la columna estudiada.

Zona 2: los depósitos corresponden a una laguna costera de agua dulce-salobre o salobre con conexión marina pero parcialmente resguardada de la acción de las mareas y del oleaje. En algunos niveles, la presencia de *G. oceanica* sugiere aportes *onshore* relacionados con tormentas (*washover fans*) o bien pulsos de mayor influencia marina debidos a cambios morfológicos en el sistema de isla barrera a medida que el mar aumentaba su nivel.

Zona 3: Estos depósitos también corresponden a una laguna costera en donde las condiciones marinas se establecen en la base y de manera relativamente abrupta, antes de los 11.000 años 14C AP. La influencia mareal continúa siendo considerable. Además, conforme se fue produciendo la depositación, la energía del sistema aumentaba también en la misma dirección. Las especies dominantes continúan siendo principalmente epifíticas y episámicas; además de las mesohalobias, aquí también aparecen especies polihalobias.

Zona 4: Los depósitos corresponden a una plataforma interna, un *shoreface*, expuesta a la acción de las tormentas. En la primera mitad de esta zona, la energía del sistema habría sido la más alta de toda la columna estudiada. En la segunda mitad no se han hallado valvas enteras, y el número de fragmentos disminuye drásticamente, probablemente debido a la erosión.

Comparación entre la interpretación basada en diatomeas y la interpretación basada en otros indicadores

Tal como se sintetiza en el Fig. 9 la interpretación basada en los ensambles de diatomeas coincide, a grandes rasgos, con la realizada por Violante *et al.* (2014b), basada en los otros *proxies* (sedimentología, ostrácodos, foraminíferos). Ambas permiten establecer la existencia de una transgresión marina, ya que la secuencia comienza con un cuerpo de agua dulce o dulce-salobre (zona 1), evolucionando luego hacia un estuario o una laguna costera (zonas 2 y 3) y, en última instancia, la influencia marina se hace realmente efectiva.

En el piso de la columna sedimentaria, la unidad A de Violante *et al.* (2014b) ha sido interpretada como un ambiente fluvial a límnicolabrado sobre un antiguo depósito de playa distal o de médano. Las diatomeas de la Zona 1 sugieren que estos depósitos corresponden a una costa algo vegetada de un cuerpo de agua dulce o dulce-salobre de poca energía y con densidad poblacional diatomológica sumamente baja. Estas dos interpretaciones no se contradicen sino que se complementan.

Violante *et al.* (2014b) consideran que entre la unidad A y B no existe una discontinuidad litológica; es decir, que no se perdió material debido a las maniobras de extracción. En esta tesis se interpreta que entre estos paquetes sedimentarios, correspondientes a las unidades diatomológicas 1 y 2, existe una discontinuidad que probablemente esté vinculada a una superficie de erosión transgresiva (*ravinement surface*) generada por los procesos erosivos propios del ascenso del nivel del mar post-LGM (Violante y Parker 2000).

La unidad B (135 - 89 cm) abarca completamente la zona diatomológica 2 (135 – 102 cm) y parcialmente la 3 (102 – 82) cm. Ambas interpretaciones sugieren que este paquete sedimentario corresponde a una laguna costera o a un estuario, donde la influencia mareal es significativa y la vegetación es abundante. Además, se interpreta que la parte superior de la unidad B y la de la zona 3 corresponden a depósitos que reflejan influencia marina. La

irrupción explosiva de *Grammatophora oceanica* en la base de la zona 3 muestra el nivel en el que se establecen las condiciones netamente marinas.

La unidad C (89 - 10 cm) abarca las zonas diatomológicas 4 (44 – 82 cm) y los últimos 7 cm de la zona 3 (102 - 82 cm). Las interpretaciones de ambas zonas concuerdan en su mayor parte. La zona diatomológica 4 se caracteriza por la destrucción de valvas en la base de la unidad, mientras que hacia el techo solo unos pocos fragmentos son reconocibles. Esto concuerda con la interpretación de la unidad C, de carácter bioclástico en su totalidad y en la que, a partir del centímetro 64, se desarrolla una grava de base erosiva conformada por depósitos de tormentas.

Conclusiones

Se realizó un análisis detallado de los sedimentos del testigo SHN 394 que permitió ampliar las interpretaciones hechas previamente a partir de la información producida por otros indicadores. Además, esta tesis aportó nuevos conocimientos sobre las diatomeas del Pleistoceno final de la plataforma continental bonaerense.

Como resultado del análisis taxonómico, se reporta la presencia de algunos taxones (*Karayevia* sp.1 y sp.2) que posiblemente sean nuevos para la ciencia. Estos hallazgos confirman la necesidad de realizar más relevamientos de la composición y estructura de las comunidades de diatomeas en la región, tanto actuales como fósiles. El trabajo comenzado en esta tesis podría ampliarse estudiando los ensambles de diatomeas de otros testigos de la plataforma bonaerense, con el objeto de conocer la paleobiogeografía de las especies reconocidas en este testigo, especialmente aquellas que no pudieron ser identificadas y que son potencialmente endémicas en cuerpos de aguas de ambientes transicionales.

El análisis de diatomeas ha permitido reconstruir la historia ambiental del sector norte de la plataforma bonaerense durante el ascenso del nivel del mar relacionado con la última deglaciación del Pleistoceno tardío y, en consecuencia, se acepta la hipótesis planteada.

La evolución de los ambientes de la porción analizada del testigo se puede entonces resumir de la siguiente manera:

- a) La parte inferior del testigo representaría un cuerpo de agua dulce o dulce salobre, de poca energía y con alguna vegetación asociada, probablemente un curso canalizado de escasa extensión.
- b) Luego se habría desarrollado una laguna costera de agua dulce-salobre a salobre, con vegetación abundante y parcialmente resguardada de la acción de las mareas, y con un nivel de energía estable. Esta laguna en determinado momento habría sufrido un cambio drástico de salinidad junto con un aumento en la energía del sistema, posiblemente debido a un incremento del nivel del mar.
- c) Finalmente, el último tramo analizado de esta secuencia representa una plataforma interna, un *shoreface*, dominada por la acción del oleaje, que habría afectado tafonómicamente a los ensambles, provocando una disminución en la abundancia y una erosión considerable de los frústulos.

Agradecimientos

En primer lugar quiero agradecer a toda mi familia por la paciencia que tuvieron conmigo mientras llevé adelante esta carrera. Sin la ayuda y el soporte de ellos, nada podría haber hecho de todo esto. Gracias, entonces, a mi esposa Coni, a mis padres Ana y Carlos, a mi hijo Simón, a mi gran amigo Guille, a mi suegra Ida, a mi ahijada Johanna y especialmente a Jade, cuyo aporte ha sido fundamental. También a mi hermano Fernando, que colaboró muchísimo en el diseño de las figuras y a mi ya desaparecida abuela Chocota, con quien compartí el entusiasmo de las primeras materias. Mis mascotas merecen llevarse algo de crédito pues siempre estuvieron allí, a mi lado, calentando mi falda, mis pies o sentándose arriba de los libros y de los apuntes.

Además voy a agradecer a todos los compañeros y amigos que compartieron materias conmigo. Puesto que la carrera me ha llevado diez años, sería imposible recordar a todos... Nacho, Marcos, Celeste, Maru, Soledad, Willy, Romina y algunos otros con quienes vivimos juntos muchas aventuras durante la primera etapa. En los últimos años tuve también excelentes compañeros como Martín, Maxi, “la otra Maru”, Daniel, Martín (el de los pájaros), Carolina, Arturo... a quienes mucho les debo por los buenos momentos y por compartir el estudio de las últimas materias y finales.

Fundamental fue también la ayuda y la siempre buena predisposición para transmitir todos sus conocimientos de la doctora Nora Maidana, la directora de mi tesis. Sin ella acercarse al mundo de las diatomeas hubiera sido una tarea imposible. También a mis compañeros del laboratorio: Luján, Marcelo, Daniela, Lorena y Sabrina, que siempre me tendieron una mano cuando la necesité. Por otro lado, a la doctora Cecilia Laprida, la codirectora, que me brindó las muestras y compartió conmigo muchísimos de sus conocimientos, no solo durante la realización de la tesis, sino también durante la carrera.

Bibliografía

- Anonymus. 1959.** Symposium on the classification of brackish waters. Venice 8-14th. 1958. Archivio di oceanografia y limnologia, volume 11
- Arche, A. 2010.** Sedimentología, del proceso físico a la cuenca sedimentaria. Textos universitarios. Consejo superior de investigaciones científicas, Madrid, 1288 pags.
- Bachvaroff, T. R., Sanchez-Puerta, M. V., y Delwiche, C. F. (2005).** Chlorophyll c-containing plastid relationships based on analyses of a multigene data set with all four chromalveolate lineages. *Molecular Biology Evolution*, 22, 1772–82.
- Battarbee, R.W. (1986).** Diatom Análisis. En: Berglund, B.E. (ed.), *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. J Wiley y Sons Ltd. New York, 527-570.
- Bauer, D. E., Gómez, N. y Hualde, P. R. (2007).** Biofilms coating *Schoenoplectus californicus* as indicators of water quality in the Río de la Plata Estuary (Argentina). *Environmental Monitoring Assessment*, 133, 309-320.
- Bhattacharya, D. y Medlin, L. K. (2004).** Dating and algal origin using molecular clock methods. *Protist*, 155, 9–10.
- Bianchi, T. S. y Rice, D. L. (1988).** Feeding ecology of *Leitoscoloplos fragilis*. II. Effects of worm density on benthic diatom production. *Marine Biology*, 99, 123-131.
- Bradbury, J. P., (1988).** Fossil diatoms and Neogene paleolimnology. *Paleogeogr. Paleoclim. Paleocol.* 62: 299–316.
- Burki, Fabien; Shalchian-Tabrizi, Kamran y Pawlowski, Jan (2008).** "Phylogenomics reveals a new 'megagroup' including most photosynthetic eukaryotes". *Biology Letters* 4 (4): 366–369. doi:10.1098/rsbl.2008.0224. PMC 2610160. PMID 18522922.
- Calliari, D., Gómez, M. y Gómez, N. (2005).** Biomass and composition of the phytoplankton in the Río de la Plata: large-scale distribution and relationship with environmental variables during a spring cruise. *Continental Shelf Research*, 25, 197–210.
- Carpelan, L. H. (1978).** Evolutionary euryhalinity of diatoms in changing environments. *Nova Hedwigia*, 29, 489–526.
- Carreto, J. I., Montoya, N., Akselman, R., Carignan, M. O., Silva, R. I. y Cucchi Colleoni, D. A. (2008).** Algal pigment patterns and phytoplankton assemblages in different water masses of the Río de la Plata maritime front. *Continental Shelf Research*, 28, 1589-1606.
- Cavallotto, J.L., Violante, R.A. y Hernández Molina, F.J. (2011).** Geological aspects and evolution of the Patagonian continental margin. *Biological Journal of Linnean Society* 103: 346-362.

- Conley, D. J., Kilham, S. S., y Theriot, E. (1989).** Differences in silica content between marine and freshwater diatoms. *Limnology and Oceanography*, 34, 205–13.
- Dalrymple, R. W., Zaitlin, B. A., y Boyd, R. (1992).** Estuarine facies model: conceptual basis and stratigraphic implications. *J.Sedimen Petrol.*, 62, 1130-1146.
- Day, J. W., Hall, C. A. S., Kemp, W. M. y Yáñez-Arancibia, A. (1989).** *Estuarine Ecology*. John Wiley y Sons, Inc., (eds). New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore, 558 pp.
- 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.
- Diodato, S.L. y Hoffmeyer, M.S. (2008).** Contribution of planktonic and detritic fractions to the natural diet of mesozooplankton in Bahía Blanca estuary. *Hydrobiologia*, 614, 83-90.
- Dodd, J.R. y Stanton, E.J. Jr. (1990).** *Palaeoecology, Concepts and Applications*, Second Edition, Wiley-Interscience Publication, 553 pp.
- Espinosa, M. A. (1988).** Paleoecología de diatomeas del estuario del Río Quequén (Prov. de Buenos Aires, Argentina). *Thalassas*, 6, 33-44.
- Espinosa, M. A. (1994).** Diatom paleoecology of the Mar Chiquita lagoon delta, Argentina. *Journal of Paleolimnology*, 10, 17-23.
- Espinosa, M. A. (2001).** Reconstrucción de paleoambientes holocenos de la costa de Miramar (provincia de Buenos Aires, Argentina) basada en diatomeas. *Ameghiniana*, 38, 27-34.
- Espinosa, M. A., De Francesco, C. G. y Isla, F. I. (2003).** Paleoenvironmental reconstruction of Holocene coastal deposits from the southeastern Buenos Aires province, Argentina. *Journal of Paleolimnology*, 29, 49-60.
- Espinosa, M. A., Hassan, G. S. y Isla, F. I. (2006).** Diatom distribution across a temperate microtidal marsh, Mar Chiquita coastal lagoon, Argentina. *Thalassas*, 22, 9-16.
- Fleming, K., Johnston, P., Zwart, D., Yokoyama, Y., Lambeck, K. y Chappell, J. (1998).** Refining the eustatic sea-level curve since the Last Glacial Maximum using far- and intermediate-field sites. *Earth and Planetary Science Letters* 163: 327-342.
- Fourtanier, E. y Kociolek J. P. (2009a).** Catalogue of Diatom names, part II: Abas through Bruniopsis. *Occasional Papers of the California Academy of Sciences*, 156(1).
- Fourtanier, E. y Kociolek J. P. (2009b).** Catalogue of diatom names, part I: introduction and bibliography. *Occasional Papers of the California Academy of Sciences*, 156(2).
- Frenguelli, J. (1921).** Los terrenos de la costa atlántica en los alrededores de Miramar (provincia de Buenos Aires) y sus correlaciones. *Boletín de la Academia de Ciencias de Córdoba*, 24, 325-485.

- Frenguelli, J. (1925).** Diatomeas de los arroyos del Durazno y Las Brusquitas en los alrededores de Miramar (provincia de Buenos Aires). *Physis*, 8, 129-185.
- Frenguelli, J. (1935).** Diatomeas de la Mar Chiquita al norte de Mar del Plata. *Revista del Museo de La Plata, Nueva serie 1, Botánica*, 5, 121-141.
- Frenguelli, J. (1938).** Diatomeas de la Bahía San Blas (provincia de Buenos Aires). *Revista del Museo de La Plata, Nueva serie 1, Botánica*, 5, 251-337.
- Frenguelli, J. (1941).** Diatomeas del Río de la Plata. *Revista del Museo de La Plata, Nueva serie 3, Paleontología*, 16, 77-251.
- Frenguelli, J. (1945).** Las diatomeas del Platense. *Revista del Museo de La Plata, Nueva serie 3, Botánica*, 15, 213-334.
- Gómez, N., Licursi, M. y Cochero, J. (2009).** Seasonal and spatial distribution of the microbenthic communities of the Rio de la Plata estuary (Argentina) and possible environmental controls. *Marine Pollution Bulletin*, 58, 878-887.
- Guilderson, T.P., Burkle, L., Hemming, S. y Peltier, W.R. (2000).** Late Pleistocene sea level variations derived from the Argentine Shelf. *G3 Geochemistry, Geophysics, Geosystems 1: 2000GC000098*.
- Gutiérrez Tellez, B. M. y Schillizzi, R. A. (2002).** Asociaciones de diatomeas en paleoambientes cuaternarios de la costa sur de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Pesquisas en Geociências*, 29, 59-70.
- Johnson, H.D. y Baldwin, C.T. (1996).** Shallow clastic seas. En Reading, H.G. (ed.) *Sedimentary environments: processes, facies and stratigraphy*: 232-280. Blackwell Science.
- Kokot, R.R. (2004).** Erosión en la costa por cambio climático. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 59: 715-726.
- Kolbe, R. W. (1927).** Zur Ökologie, Morphologie und Systematik der Brackwasser-Diatomeen. *Pflanzenforschung*, 7, 1-146
- Krüger, Tobias (2013).** *Discovering the Ice Ages. International Reception and Consequences for a Historical Understanding of Climate* (German editon: Basel 2008). Leiden. p. 47. ISBN 978-90-04-24169-5.
- Hassan, G. S., Espinosa, M. A. y Isla, F. I. (2006).** Modern diatom assemblages in surface sediments from estuarine systems in the southeastern Buenos Aires Province, Argentina. *Journal of Paleolimnology*, 35, 39-53.
- Hassan, G. S. (2008).** Diatomeas estuáricas del sudeste bonaerense: distribución, composición, diversidad y su aplicación en paleoecología. Doctoral Thesis, Universidad Nacional de Mar del Plata.

- Hassan, G. S., Espinosa, M. A. y Isla, F. I. (2008).** Fidelity of dead diatom assemblages in estuarine sediments: how much environmental information is preserved? *Palaios*, 23, 112-120.
- Hassan, G. S., Espinosa, M. A. y Isla, F. I. (2009).** Diatom-based inference model for paleosalinity reconstructions in estuaries along the northeastern coast of Argentina. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 275, 77-91.
- Hassan G. S. (2010).** Paleoecological significance of diatoms in Argentinean estuaries. Nova Science Publishers, Inc.
- Hemphill-Haley, E. (1995).** Diatom evidence for earthquake-induced subsidence and tsunamis 300 yr ago in southern coastal Washington. *GSA Bulletin*, 107, 367–78.
- Hollin, J.T., Schilling, D.H., (1981).** Late Wisconsin-Weichselian mountain glaciers and small ice caps. En: Denton, G.H., Hughes, T.J. (Eds.), *The Last Great Ice Sheets*. Wiley, New York, pp. 179–220.
- Hulton, N.R.I., Purves, R.S., Mc.Cullock, R.D., Sugden, R.D. y Bentley, M.J., 2002.** The Last Glacial Maximum and deglaciation in southern South America. *Quaternary Science Reviews* 21: 233-241.
- Isla, F. I et al. (1986).** Late Quaternary marine-estuarine sequences of the southeastern coast of Buenos Aires Province, Argentina. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*, 4, 137-157.
- Lange-Bertalot, H. (1980).** A taxonomic revision of some ecologically important species of *Navicula*: *N. lanceolata*, *N. viridula*, *N. cari* and related species. *Cryptogamie Algologie*, 1(1): 29-50.
- Lange-Bertalot, H., Krammer, K. (1989).** *Achnanthes* eine Monographie der Gattung. *Bibl. Diatomol.* 18. J. Cramer. Stuttgart. 393 pp.
- Lange-Bertalot, H. (1993).** 85 new taxa and much more than 100 taxonomic clarifications supplementary to *Süsswasserflora von Mitteleuropa*. 2/1-4. *Bibl. Diatomol.* 27. J. Cramer, Gebrüder Borntraeger Verlag. 428 pp.
- Lange-Bertalot, H. (1997).** Zur Revision der Gattung *Achnanthes* sensu lato (Bacillariophyceae): *Achnantheiopsis*, eine neue Gattung mit dem Typus generis *A. lanceolata*. *Arch. Protistenk.* 148: 199-208. Lange-Bertalot, H. 2001. *Navicula* sensu stricto. 10 Genera Separated from *Navicula* sensu lato. *Diatoms of Europe 2. Frustulia*. A.R.G. Gantner Verlag. 401 pp.
- Lisiecki, Lorraine E.; Raymo, Maureen E. (2005).** "A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $\delta^{18}\text{O}$ records".
- Mann, D. G. y Droop, S. J. M. (1996).** Biodiversity, biogeography and conservation of diatoms. In *Biogeography of Freshwater Algae: Proceedings of the Workshop on Biogeography of Freshwater Algae, Developments in Hydrobiology* 118, ed. J. Kristiansen, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, pp. 19–32.

- McCulloch, R.D., Bentley, M.J., Purves, R.S., Hulton, N.R.J., Sugden, D.E., Clapperton, C.M., (2000).** Climatic inferences from glacial and palaeoecological evidence at the last glacial termination, southern South America. *Journal of Quaternary Science* 15: 409–417.
- Melo, W.D., Schillizzi, R., Perillo, G.M.E. y Piccolo, M.C. (2003).** Influencia del área continental pampeana en la evolución morfológica del estuario de Bahía Blanca. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología* 10: 37- 50.
- Medlin, L. K., Kooistra, W. H. C. F., Gersonde, R., Sims, P. A., y Wellbrock, U. (1997).** Is the origin of the diatoms related to the end-Permian mass extinction? *Nova Hedwigia*, 65, 1–11.
- Moore, W. W. y McIntire, C. D. (1977).** Spatial and seasonal distribution of littoral diatoms in Yankina estuary, Oregon (USA). *Botanica Marina*, 20: 99-109.
- Oldfield, F. 2005.** Introduction: the Holocene, a special time. En: Mackay A., Battarbee, R.W., Birks, H.J.B. y Oldfield, F. (eds.), *Global Change in the Holocene*. Arnold, London, 1-8.
- Osterrieth, M.L., Borrelli, N., Laprida, C. y Violante, R.A. (2014).** Biomineralizaciones de sílice amorfo y hierro asociadas a evidencias de pedogénesis en secuencias sedimentarias postglaciales de la plataforma exterior del sur bonaerense. 19o Congreso Geológico Argentino, Córdoba, Actas CD ISBN 978-987- 22403-5-6, Resumen S12-33.
- Perillo, G.M.E. y Kostadinoff, J. (2005).** Margen Continental de la Provincia de Buenos Aires. En de Barrio, R.E. Etcheverry, R.O., Caballé, M.F. y Llambías, E. (eds.) *Geología y Recursos Minerales de la Provincia de Buenos Aires. Relatorio 16º Congreso Geológico Argentino: 277-292*, La Plata.
- Parker, G., Violante R.A. y Paterlini, C.M. (1996).** Fisiografía de la Plataforma Continental. En Ramos, V. y Turic, M. (eds.) *Geología y Recursos Naturales de la Plataforma continental argentina. Relatorio del 13º Congreso Geológico Argentino: 1-16*, Buenos Aires.
- Parker, G., Paterlini, C.M. y Violante, R.A. (1997).** El fondo marino. En Boschi, E. (ed.) *El Mar argentino y sus Recursos Marinos. INIDEP 1: 65-87*, Mar del Plata.
- Parker G., Paterlini, C.M., Violante, R.A., Costa, I.P., Marcolini S.I. y Cavallotto, J.L. (1999).** Descripción Geológica de la Terraza Rioplatense (Plataforma Interior del Noreste Bonaerense). Servicio Geológico y Minero Argentino, Boletín 273, 98 p., Buenos Aires.
- Parker, G., Violante, R.A., Paterlini, C.M., Marcolini, S., Costa, I.P. y Cavallotto, J.L. (2008).** Las secuencias sismoestratigráficas del Plioceno-Cuaternario en la Plataforma Submarina adyacente al litoral del este bonaerense. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis* 15: 105-124.

- Ponce, J.F., Rabassa, R., Coronato, A. y Borronei, A.M. (2011).** Paleogeographic evolution of the Atlantic coast of Pampa and Patagonia since the Last Glacial Maximum to the Middle Holocene. *Biological Journal of the Linnean Society* 103: 363-379.
- Popovich, C. A. y Marcovecchio, J. E. (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.
- Porter, S.C., (1981).** Pleistocene glaciation in the southern Lake District of Chile. *Quaternary Research* 16: 263–292.
- Pritchard, D. W. (1967).** What is an estuary. Physical view point. En G. H. Lauff (ed.), *Estuaries*. AAA Washinton DC, pub 83, 3-5.
- Rabassa, J. (2008).** Late Cenozoic Glaciations in Patagonia and Tierra del Fuego. En Rabassa, J., (ed.) *The Late Cenozoic of Patagonia and Tierra del Fuego*. *Developments in Quaternary Sciences* 11: 151-204, Amsterdam.
- Robinson, S.G. (1990).** Applications for wholecore magnetic susceptibility measurements of Deep-sea sediments: leg 115 results. En Duncan, R.A., Backman, J. y Peterson, L.C. (eds.) *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*. College Station, TX (Ocean Drilling Program) 115: 737-771.
- Round, F. E. y Sims, P. A. (1981).** The distribution of diatom genera in marine and freshwater environments and some evolutionary considerations. In *Proceedings of the 6th International Diatom Symposium*, ed. R. Ross, K. Onigstein: Koeltz Scientific Books, pp. 301–20
- Rybarczyk, H. y Elkaïm, B. (2003).** An analysis of the trophic network of a macrotidal estuary: the Seine Estuary (Eastern Channel, Normandy, France). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 58: 775-791.
- Schwarzacher, W. (1993).** "Cyclostratigraphy and the Milankovitch Theory". Books.google.rs.
- Shakun JD and Carlson AE (2010).** A global perspective on Last Glacial Maximum to Holocene climate change. *Quaternary Science Reviews* 29: 1801–1816.
- Smol J. P. y Stoermer E. F (2010).** *The diatoms, Applications for the environmental and earth sciences*, Cambridge University Press, second edition.
- Spalletti L.A. y Isla, F.I. (2003).** Características y evolución del delta del Río Colorado ("Colú- Leuvú"), Provincia de Buenos Aires, República Argentina. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología* 10: 23-37.
- Stoermer, E. F. (2001).** Diatom taxonomy for paleolimnologists. *Journal Paleolimnology*, 25, 393–398.
- Sullivan, M. J. y Currin, C. A. (2000).** Community structure and functional dynamics of benthic microalgae in salt marshes. In *Concepts and Controversies in Tidal Marsh*

Ecology, ed. M. P. Weinstein y D. A. Kreeger, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, pp. 81– 106.

- Tuji, A. (2000).** Observation of developmental processes in loosely attached diatom (Bacillariophyceae) communities. *Phycological Research*, 48, 75–84.
- Vanormelingen P., Verleyen E., Vyverman W. (2008).** The diversity and distribution of diatoms: from cosmopolitanism to narrow endemism. *Biodivers. Conserv.* 17: 393-405.
- 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. y Rovere, E.I. 2005.** Los sedimentos de la Plataforma Submarina y su relación con el volcanismo andino neógeno. 16° Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 239- 246, La Plata.
- Violante R., Costa I., Cavallotto J., Paterlini C., Marcolini S. y Bozzano G., 2014. (a)** Rasgos mofosedimentarios, procesos y evolución de la plataforma continental argentina desde el último glacial. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 71 (2): 292 - 310 (2014).
- Violante R., Laprida C Bressan G., Diaz G., Bozzano G., Grant, J.P., García Chaporí, N., Cavallotto J., Maidana N., Cianfagna F., Osterrieth M., Paterlini C. y Costa I., 2014. (b)** Registro paleoambiental del estadio isotópico 2 en la plataforma continental exterior del sureste bonaerense: un nuevo aporte a la evolución regional. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 71 (3): 449 – 455.
- Vos, P. C. y De Wolf, H. (1988).** Methodological aspects of paleo-ecological diatom research in coastal areas of the Netherlands. *Geologie en Mijnbouw*, 67, 31-40.
- Vos, P. C. y De Wolf, H. (1993).** Diatoms as a tool for reconstructing sedimentary environments in coastal wetlands; metodological aspects. *Hydrobiologia*, 269, 285-296.
- Ysebaert, T., Herman, P. M. J., Meire, P., Craeymeersch, J., Verbeek, H. y Heip, C. H. R. (2003).** Large-scale spatial patterns in estuaries: estuarine macrobenthic communities in the Schelde estuary, NW Europe. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 57:335-355.

Figuras

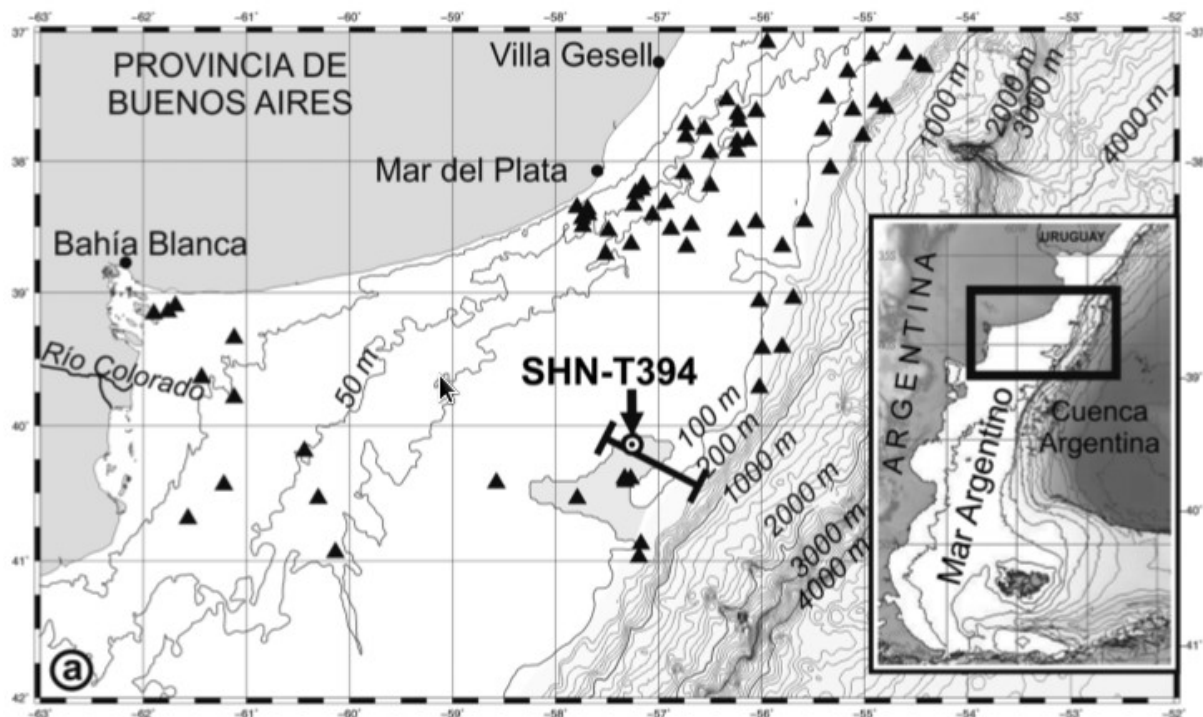


Figura 1a: Sitio de estudio. Los triángulos negros representan la posición de los testigos existentes en la plataforma, cuyos datos están en el Servicio de Hidrografía Naval. Tomado de Violante *et al.* (2014b).

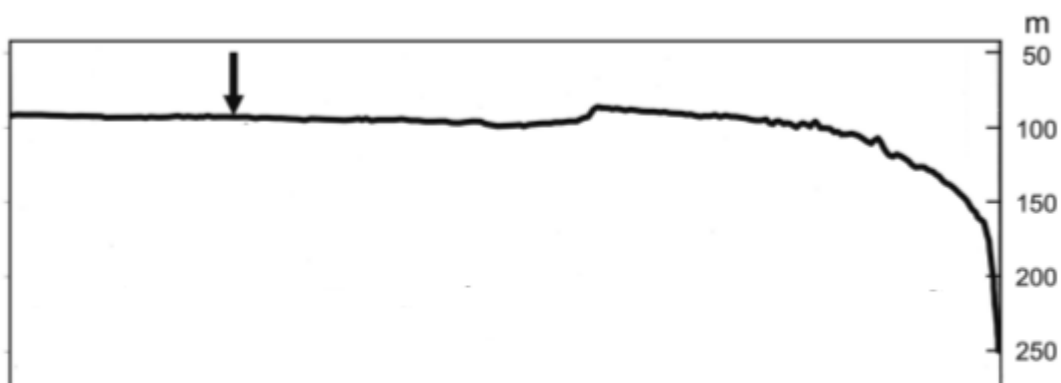


Figura 1b: Perfil batimétrico, cuya ubicación está indicada en el mapa de la figura 1a por la línea negra. La flecha señala la posición del testigo SHN-T394 proyectado sobre la línea. Modificado de Violante *et al.* (2014b).

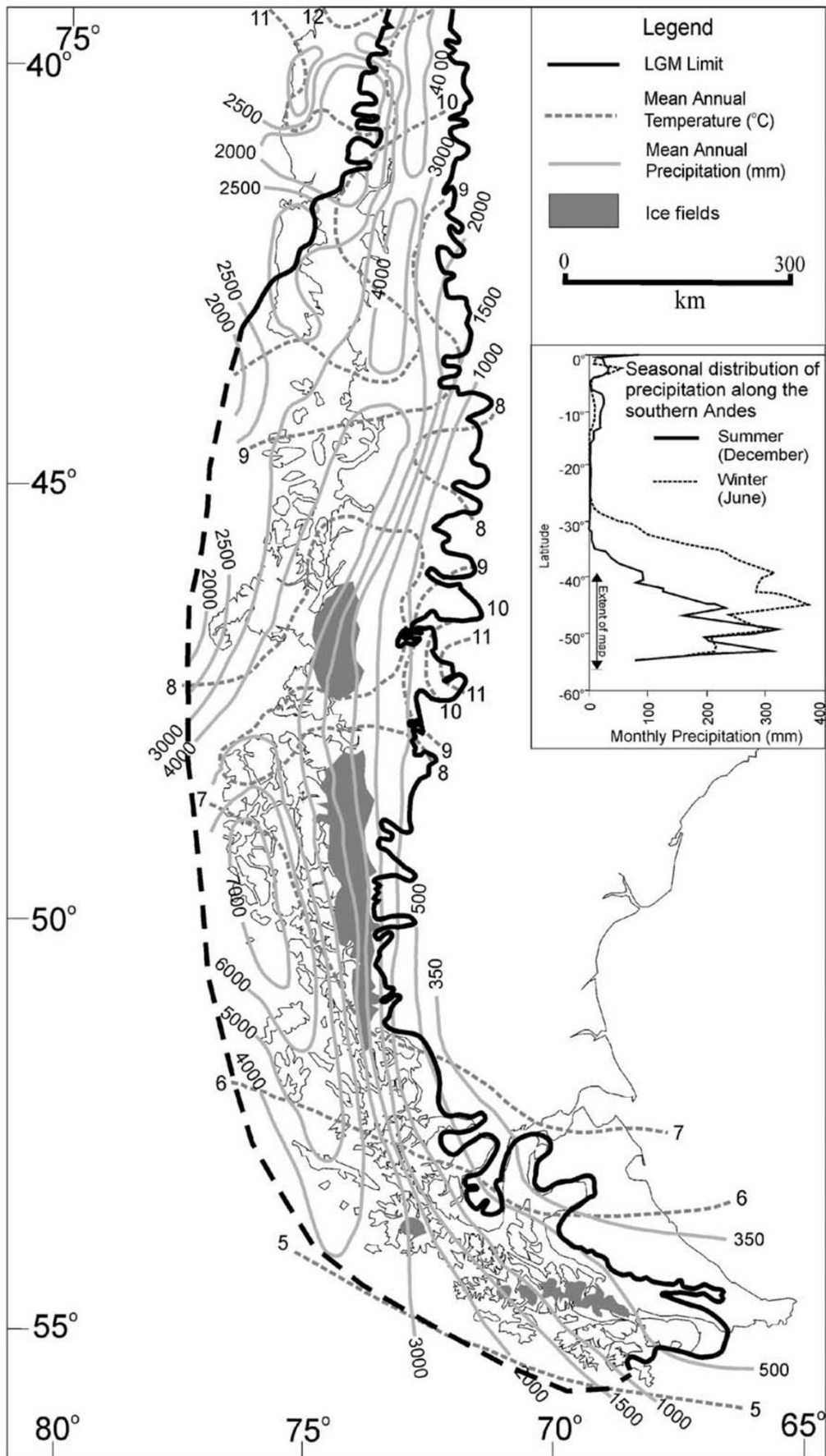


Figura 2: los límites del último máximo glacial (LGM) y la distribución de los glaciales actuales en la Patagonia. Tomado de Hutton *et al.* (2002).



Figura 3: comparación entre las curvas de variaciones del nivel del mar de Fleming *et al.* (1998) y Guilderson *et al.* (2000). Tomado de Violante *et al.* (2014a).

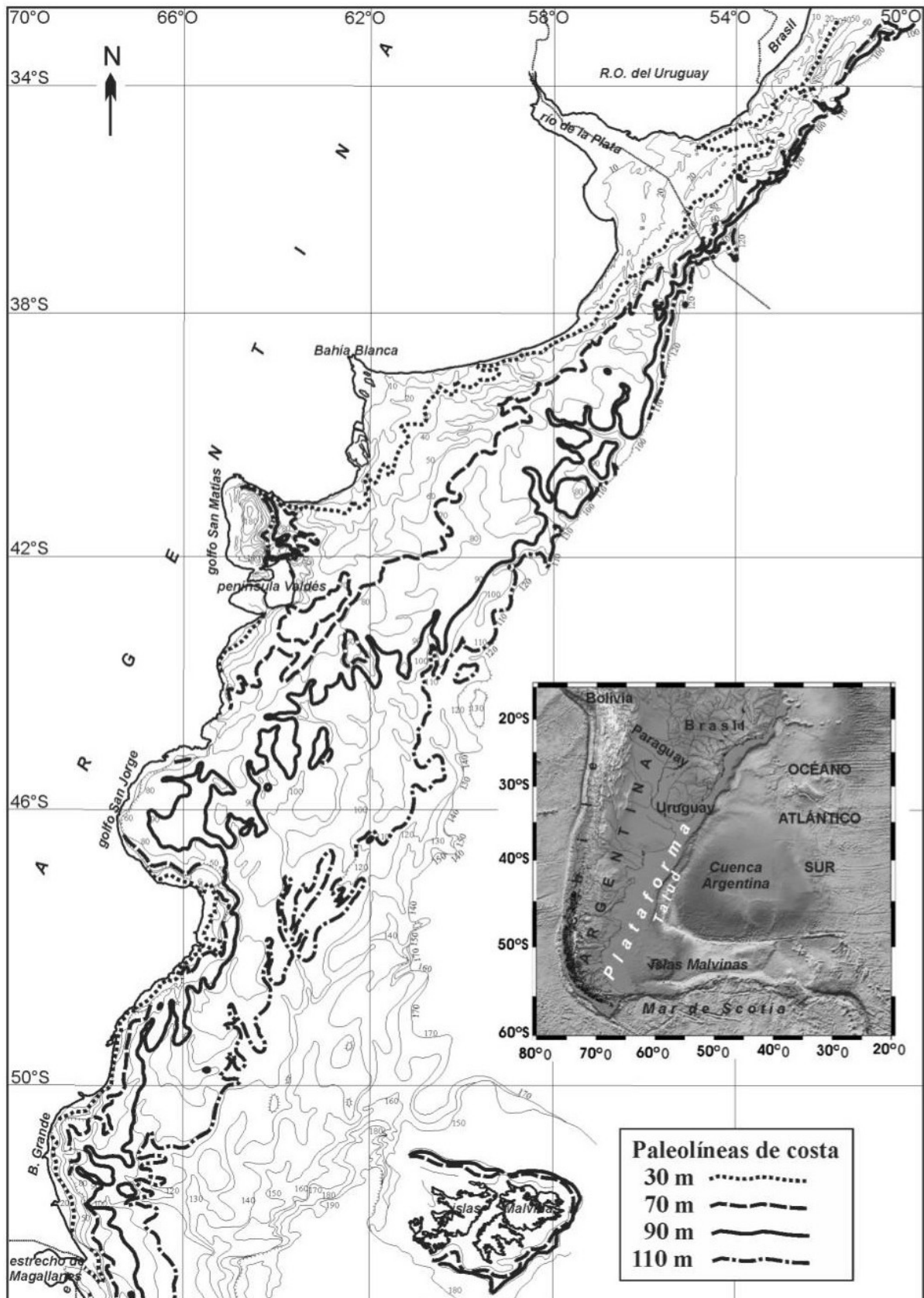


Figura 4: Mapa batimétrico de la plataforma, con indicación de paleolíneas de costas a diferentes profundidades. Tomado de Violante *et al.* (2014a).

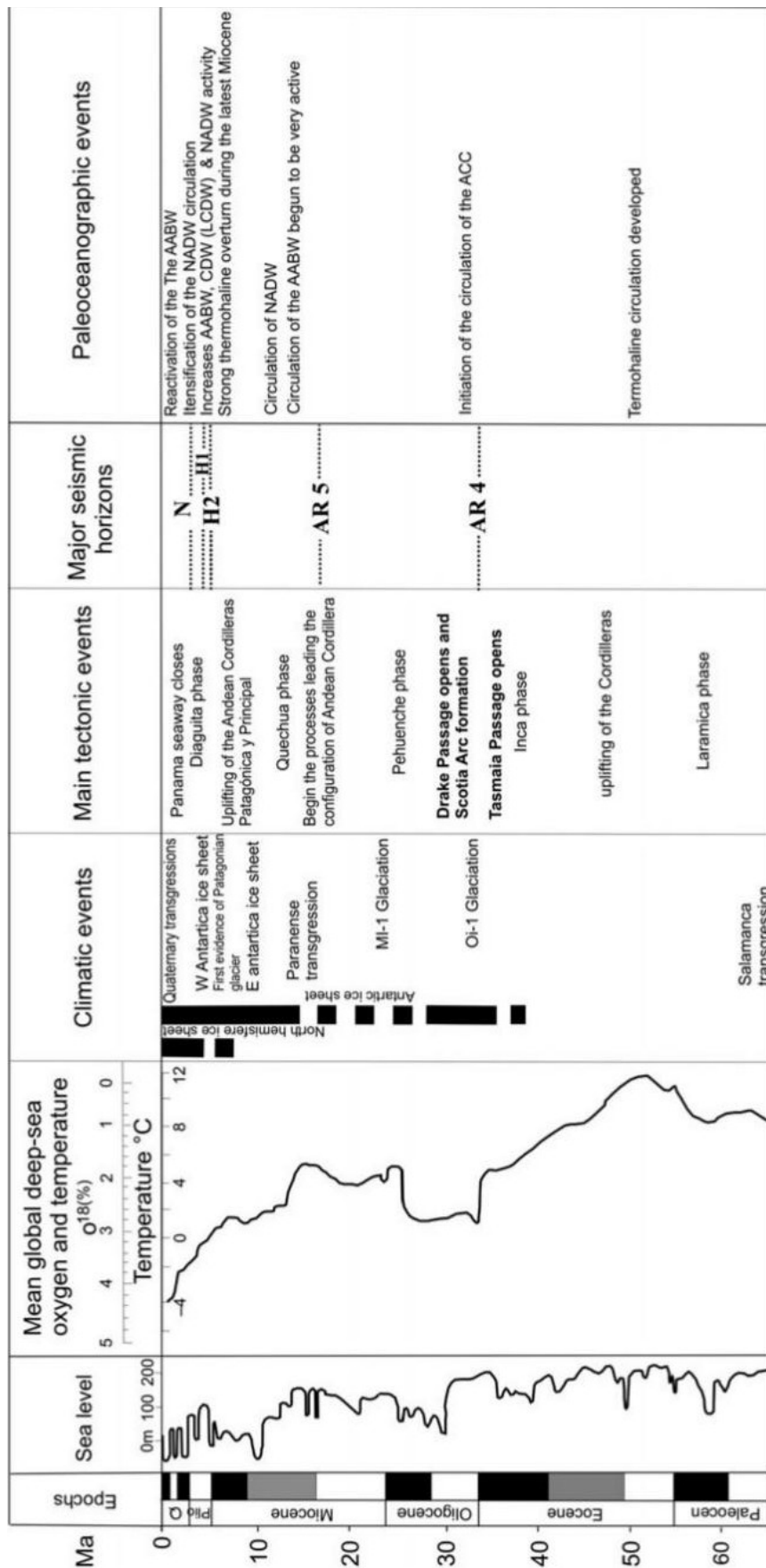


Figura 5: Mayores eventos que condicionaron la evolución del margen continental argentino. Tomado de Violante *et al.* (2014a).

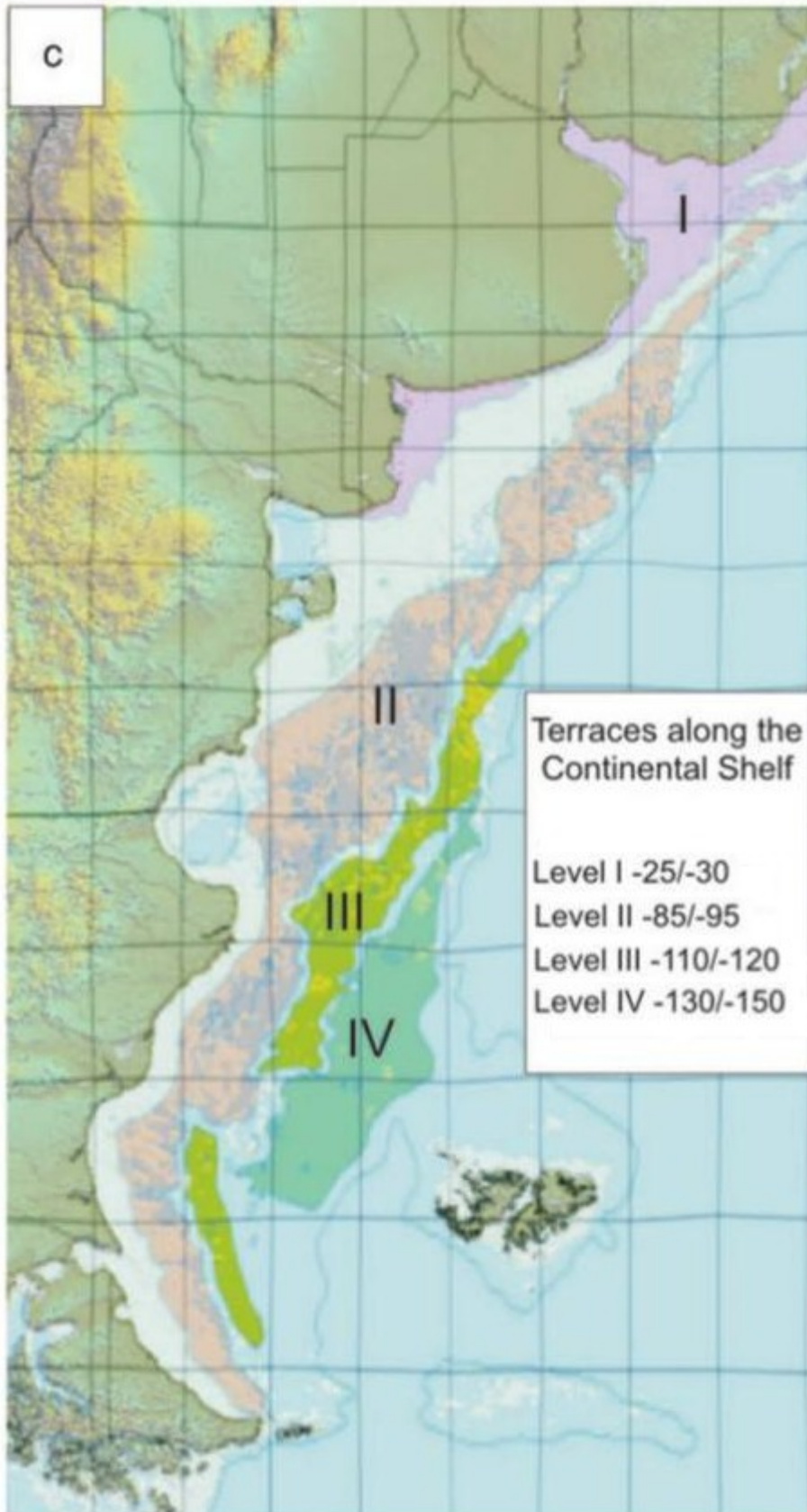


Figura 6: terrazas de la plataforma continental. Escala en metros. Modificado de Ponce *et al.* (2011).

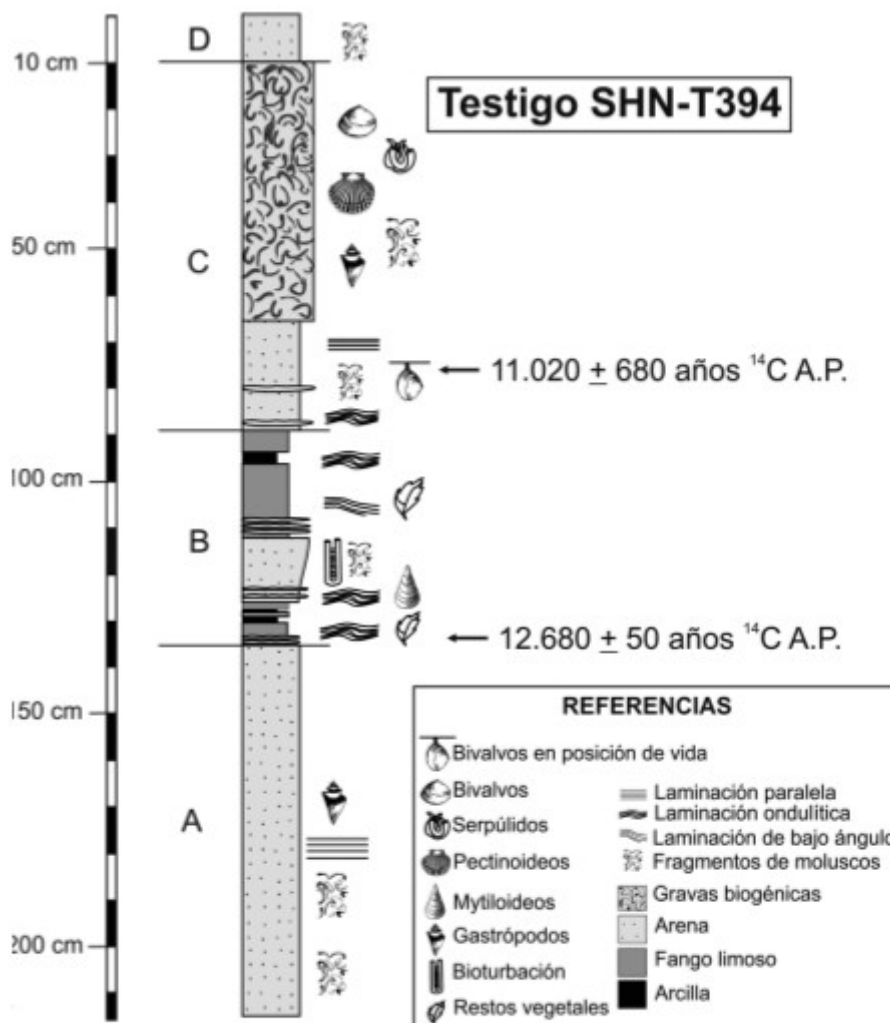


Figura 7: Columna litológica, estructuras sedimentarias y contenido fosilífero del testigo SHN-T394 previo al análisis diatomológico (esta tesis). A, B, C y D son las unidades sedimentarias. Tomado de Violante *et al.* (2014b).

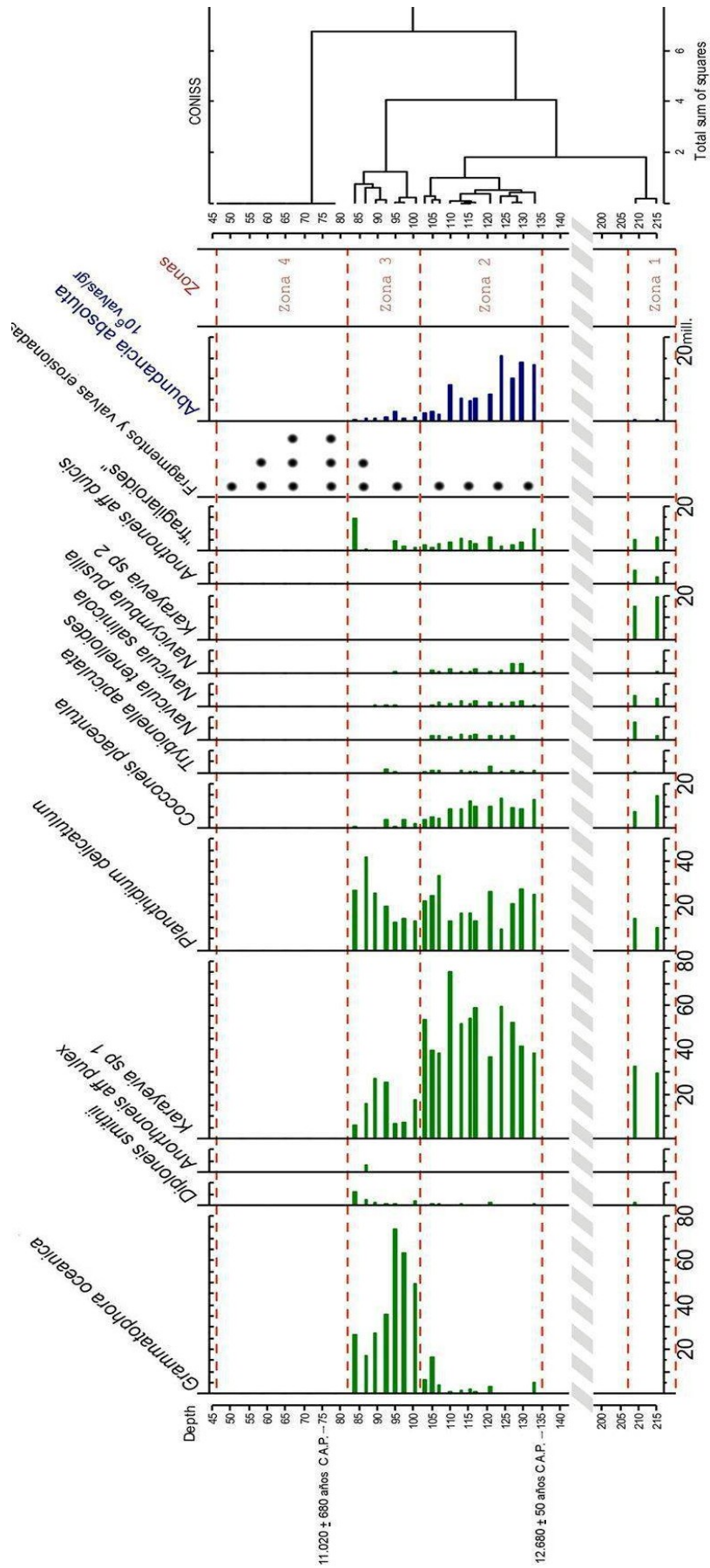


Figura 8: variación de las abundancias relativas y absolutas de las especies más abundantes (%>3%) en las muestras del testigo analizado, y el análisis de agrupamiento.

Esta tesis

Profundidad Violante et al., 2014b



Figura 9: resumen comparativo de las interpretaciones surgidas del análisis diatomológico (esta tesis) y las basadas en otros proxies (Violante *et al.*, 2014b).

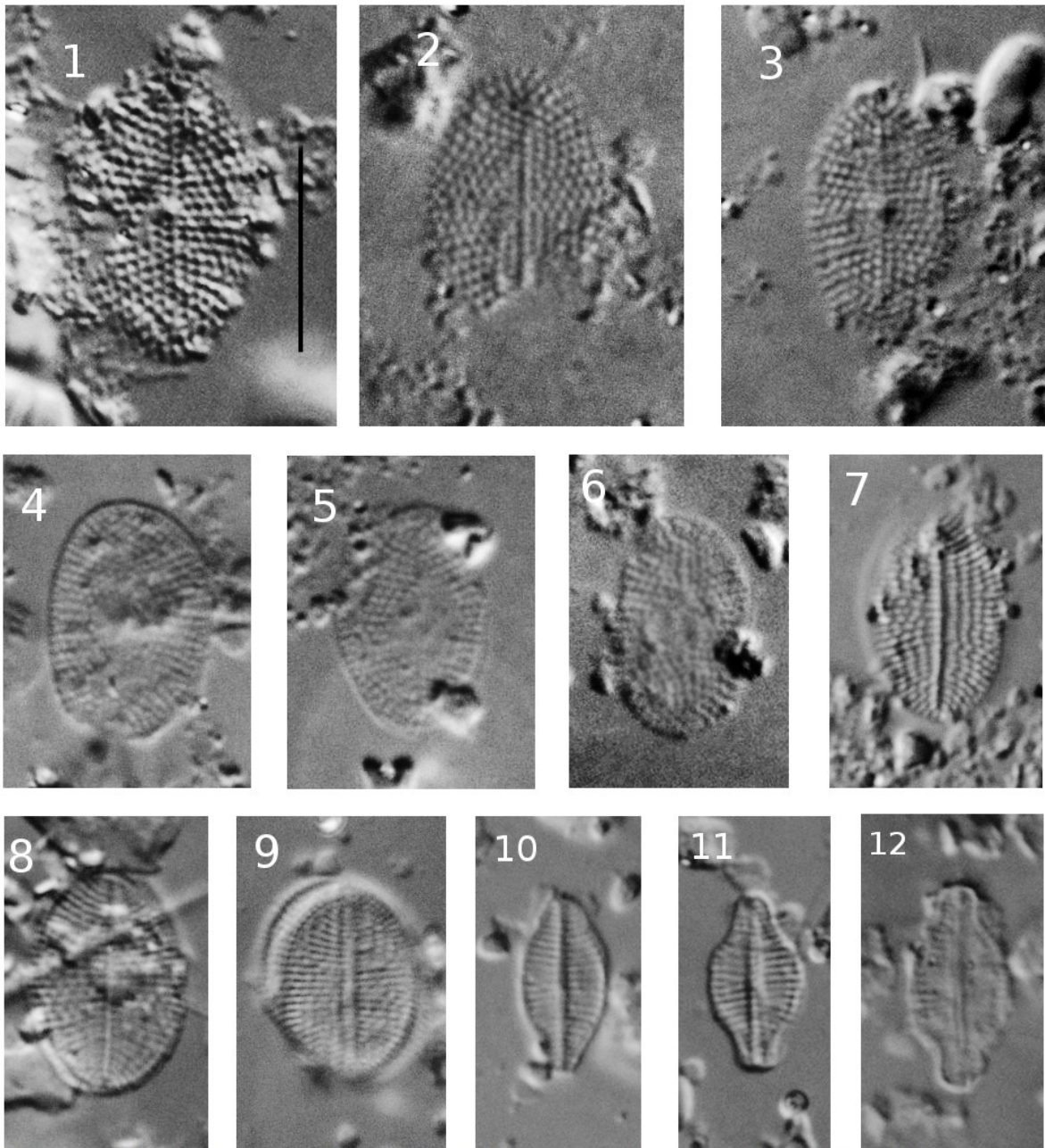


Figura 10: Microscopio óptico. 1-3: *Anorthoneis* aff. *dulcis*; 4-6: *Anorthoneis* aff. *pulex*; 7-9: *Cocconeis placentula*; 10-12: *Karayevia* sp. 1. Escala: 10 μ m.

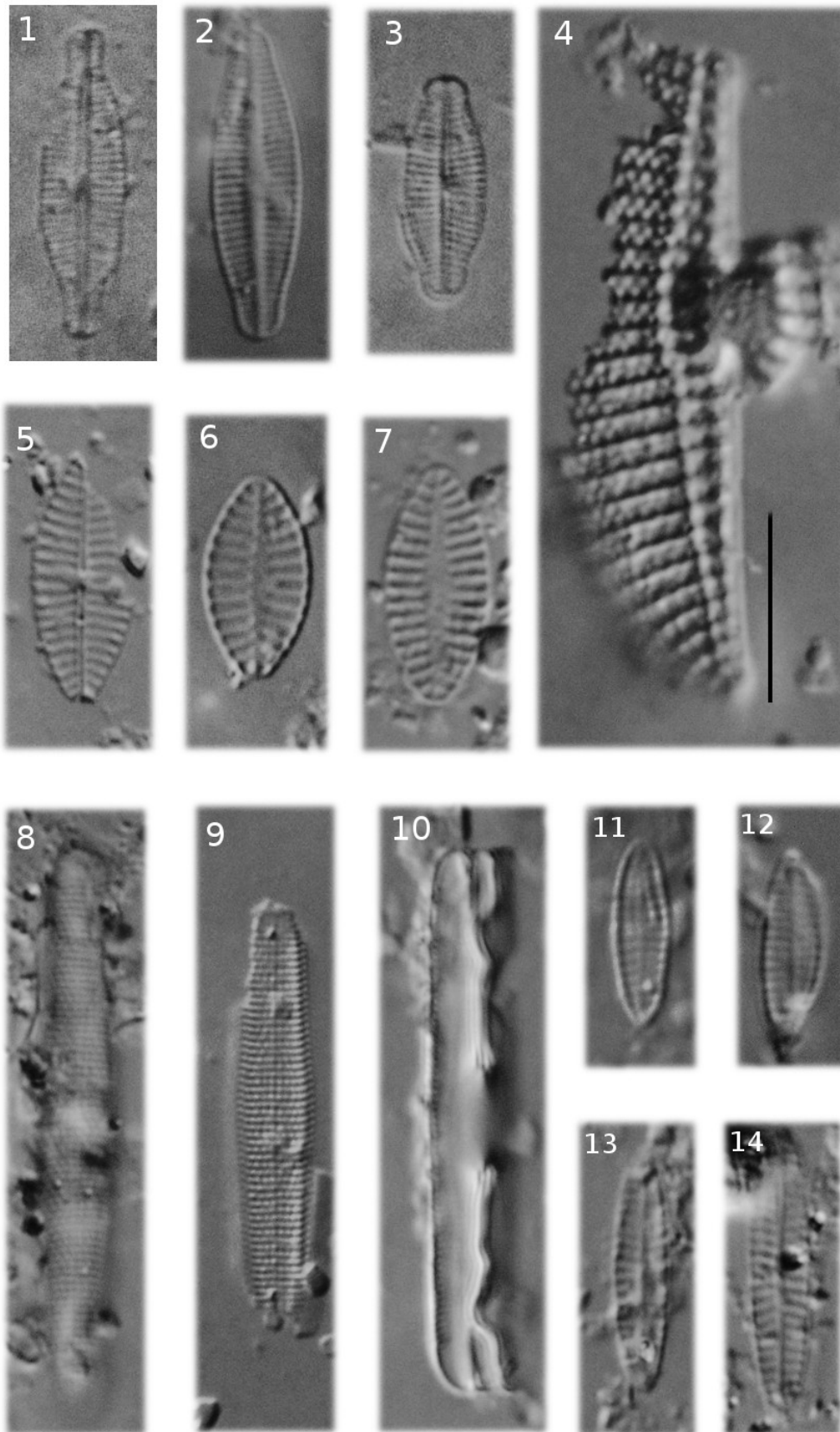


Figura 11: microscopio óptico.1-3: *Karayevia* sp 2; 4: *Diploneis smithii*; 5-7: *Planothidium delicatulum*; 8-10: *Grammatophora oceanica*; 10: vista cingular (se aprecian los septos característicos del género); 11-12: *Navicula salinicola*; 13-14: *Navicula tenelloides*.

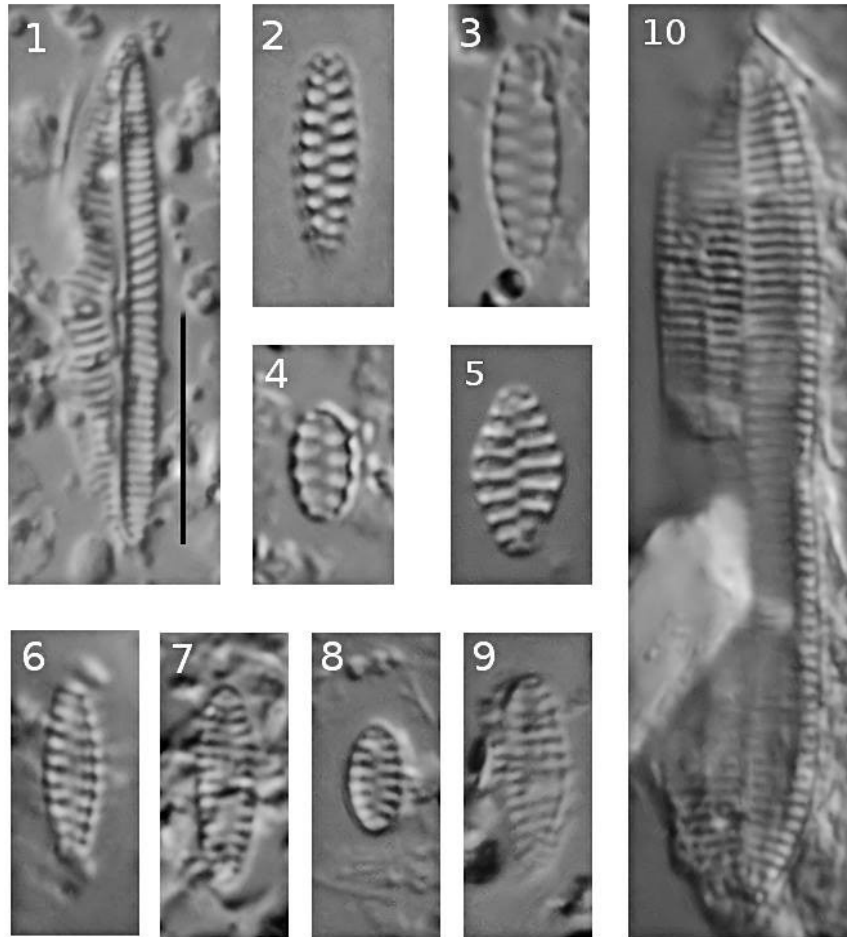
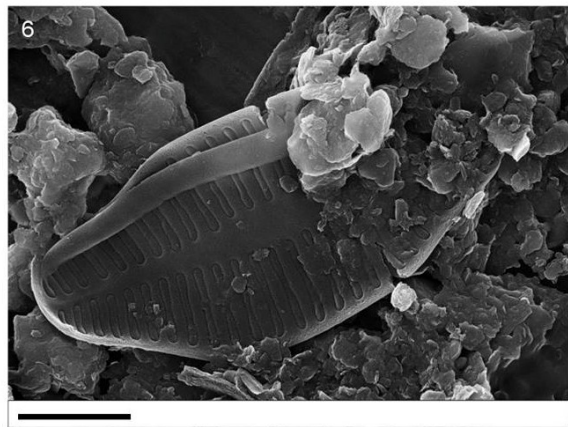
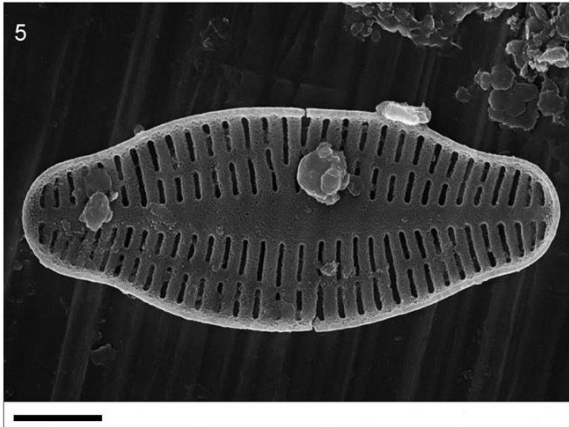
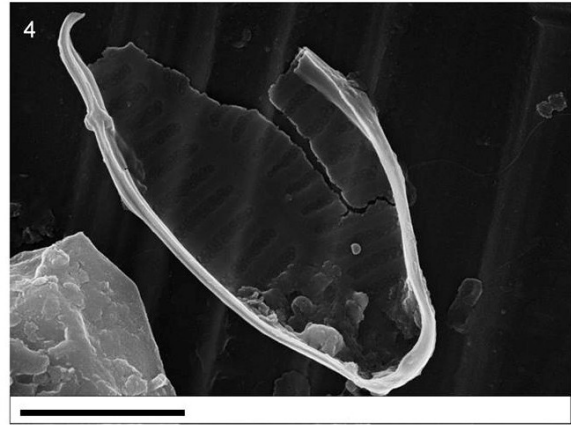
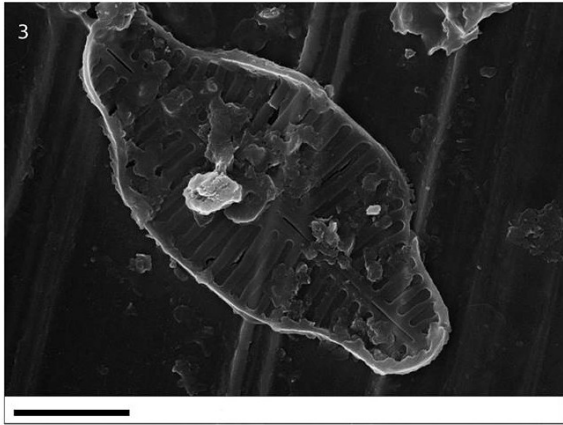
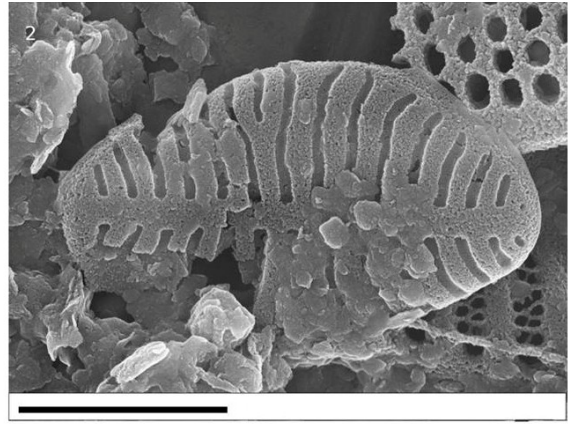
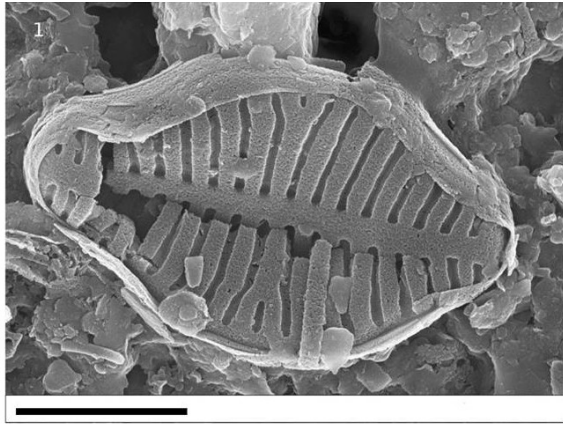
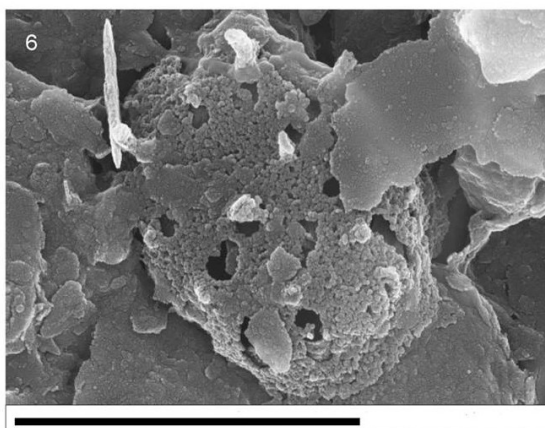
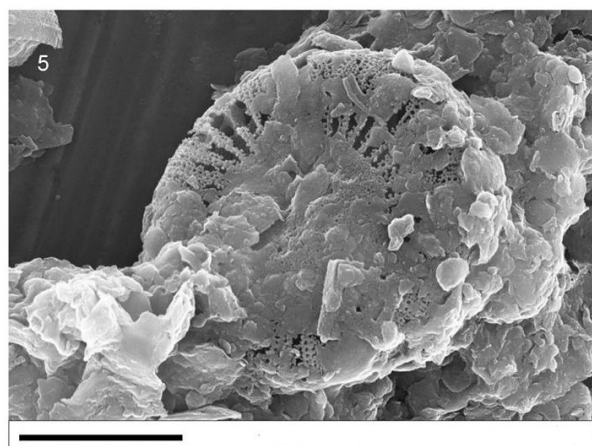
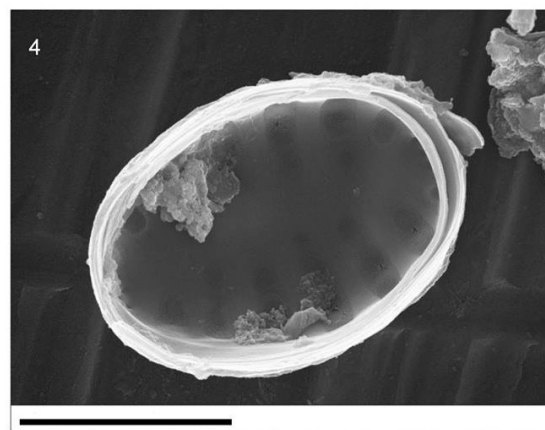
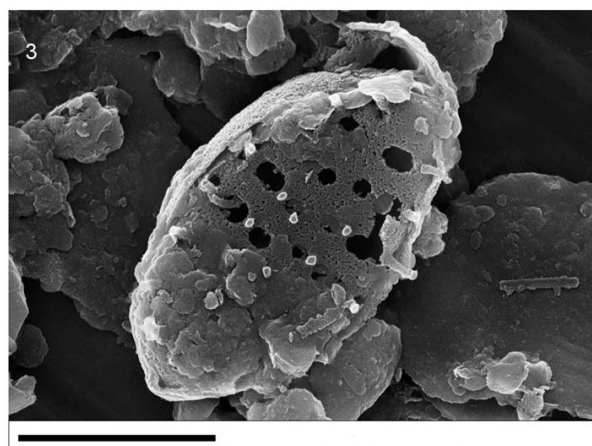
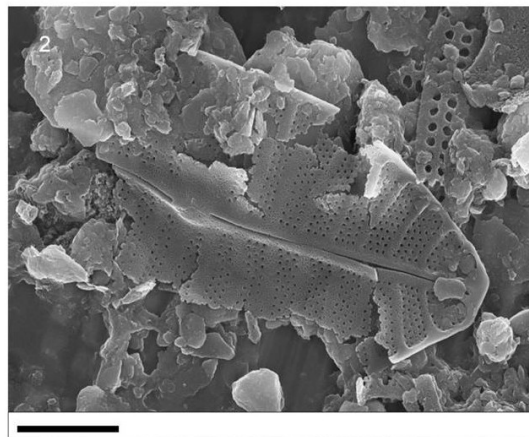
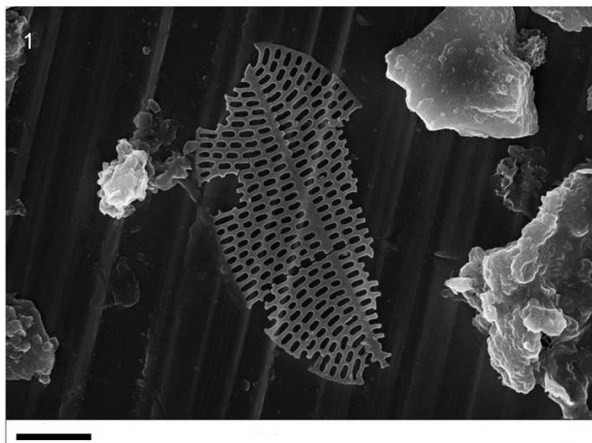


Figura 12: microscopio óptico. 1: *Navicymbula pusilla*; 2-5: "opephoroides"; 6-9: "staurosiroides"; 10: *Tryblionella apiculata*.



Escala = 2 μ m

Figura 13: microscopio electrónico de barrido. 1-3: *Karayevia* sp.1; 1-2: valva sin rafe en vista externa; 3: valva con rafe en vista interna; 4-6: valvas internas sin rafe de *Karayevia* sp.2.



Escala = 2µm

Figura 14: microscopio electrónico de barrido. 1: fragmento de una valva de *Cocconeis placentula*; 2: vista interna de un fragmento de *Planothidium delicatulum*; 3: vista externa de una valva erosionada de una “staurosiroide”; 4: vista interna de otra “staurosiroide”; 5: valva erosionada en vista externa de una diatomea céntrica no identificada; 6: valva erosionada en vista externa de una fragilarioide.