



UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Departamento de Biodiversidad y Biología Experimental

**Biodiversidad de diatomeas actuales y fósiles para la
reconstrucción de ambientes del Cuaternario tardío en la
Patagonia Argentina.**

Tesis presentada para optar al título de Doctor de la Universidad de Buenos Aires en
el área **Ciencias Biológicas**

Lic. María Luján García

Director de tesis: Dra. Nora Irene Maidana
Consejero de Estudios: Dra. Nora Irene Maidana

Lugar de trabajo: Laboratorio de Diatomeas Continentales, DBBE (FCEN - UBA); IBBEA
(CONICET - UBA). 4to Piso, Pab. II, Ciudad Universitaria.

Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 2019

Fecha de defensa: 15/03/2019

Biodiversidad de diatomeas actuales y fósiles para la reconstrucción de ambientes del Cuaternario tardío en la Patagonia Argentina.

Resumen

Los lagos son archivos ambientales muy sensibles, que reaccionan a forzantes extrínsecos e intrínsecos y los ensambles de organismos conservados en sus sedimentos permiten estudiar, con alta resolución, los procesos presentes y pasados. El objetivo general es profundizar los conocimientos existentes sobre la biodiversidad y ecología de diatomeas y, a partir de esta información, inferir variaciones ambientales ocurridas durante el Holoceno tardío, en el sur de Santa Cruz (Argentina). Se analizaron muestras de sedimentos superficiales de 28 lagunas y dos testigos, obteniendo datos sobre las interacciones entre las diatomeas y algunos factores ambientales. Los resultados del estudio de los sedimentos actuales, sumados a los ya existentes, permitieron desarrollar una función de transferencia para reconstruir la conductividad. Se analizaron los ensambles recuperados del registro sedimentario de las lagunas Gemelas Este y Verde. Las diferencias encontradas entre ambas secuencias podrían deberse a su localización en los extremos de un gradiente de humedad Oeste-Este. Las variaciones en los ensambles podrían relacionarse con eventos de alcance global, como la Pequeña Edad de Hielo. Las erupciones volcánicas registradas durante la depositación se relacionan directamente con una disminución en la abundancia total, más evidente en Verde que en Gemelas Este.

Palabras clave: Bacillariophyta, lagos, Patagonia, paleoreconstrucción, taxonomía, funciones de transferencia

Modern and fossil diatoms biodiversity for paleoenvironmental reconstruction during the late Quaternary in Patagonia, Argentina.

Abstract

Lakes are very sensitive environmental archives, which react to extrinsic and intrinsic forcings and the assemblages of organisms preserved in their sediments allow to study, with high resolution, the present and past processes. The main aim is to increase the existing knowledge about diatom biodiversity and ecology and, based on this information, to infer environmental variations that occurred during the late Holocene, in the south of Santa Cruz (Argentina). Surface sediment samples from 28 lakes and two cores were analysed, obtaining data on the interactions between diatoms and some environmental factors. The results of the study of the modern sediments, added to the existing ones, allowed to develop a transfer function to reconstruct the conductivity. The assemblages recovered from the sedimentary record of the Gemelas Este and Verde shallow lakes were analysed. The differences found between both sequences could be due to their location at the extremes of a West-East moisture gradient. The variations in the assemblages could be related to events of global reach, such as the Little Ice Age. Volcanic eruptions recorded during deposition are directly related to a decrease in total abundance, more evident in Verde than in Gemelas Este.

Key words: Bacillariophyta, lakes, Patagonia, paleoreconstruction, taxonomy, transfer functions

Agradecimientos

Quiero agradecer en primer lugar a mi directora de tesis y de beca CONICET, la Dra. Nora Maidana, por haber confiado en mí para realizar este trabajo de investigación, por haber compartido su experiencia, por guiarme, aconsejarme, por apoyarme en mi carrera y permitir que crezca en lo académico y en lo personal y por su inmensa generosidad al haberme abierto puertas para conocer e interactuar con otros profesionales.

Al Dr. Christoph Mayr de la Friedrich-Alexander Universität Erlangen- Nürnberg por recibirme como investigadora visitante y ser mi tutor en el marco de una beca otorgada por el DAAD (Servicio Alemán de Intercambio Académico); por haber compartido conmigo sus conocimientos de paleolimnología y haberme enseñado y ayudado con el análisis de los isótopos estables; por haberme permitido utilizar datos no publicados de los testigos que enriquecieron a los resultados y la discusión de este trabajo; por haber hecho mi estadía en Erlangen mucho más amena y por siempre ser tan entusiasta y seguir creando nuevos trabajos y proyectos a futuro.

A la Dra. Cecilia Laprida por siempre haber estado dispuesta a ayudarme y haberme brindado sus consejos y sus críticas, siempre constructivas, a través de su gran experiencia como Paleobióloga. La Dra. Laprida, junto con la Dra. Inés O'Farrell, formaron parte de mi Comité de Seguimiento de Tesis. Agradezco el tiempo dedicado por ustedes y sus opiniones sobre este trabajo de investigación, a partir de las cuales pude componer, en mi opinión, una mejor versión.

A las Dras. Julieta Massafarro, Ana Srur e Irina Izaguirre por haberme permitido utilizar muestras de sus respectivos proyectos para realizar algunos análisis de este trabajo. A los Dres. Bernd Zolitschka y Andreas Lücke y a Rebecca Smith por aportarme datos de las secuencias sedimentarias estudiadas para poder realizar un análisis más completo. A la Dra. Daniela Echazú por haberme cedido la base de datos de su valioso trabajo doctoral, para poder ampliar el análisis de las diatomeas actuales.

Al Dr. Eduardo Morales, quién ha compartido conmigo su enorme conocimiento sobre la taxonomía de las diatomeas y ha impulsado gran parte de los manuscritos que realicé y que estoy por realizar. A mis otros coautores, Dr. Oscar Romero, Dr. Luc Ector

y el Lic. José María Guerrero por haberme brindado su ayuda en los trabajos publicados y en los manuscritos que esperan ser publicados!!

A los integrantes del Laboratorio de Diatomeas Continentales, al Dr. Marcelo Morales por siempre contestar las miles de inquietudes que me surgieron durante este trabajo y compartir conmigo su conocimiento; a la Dra. Lorena Grana que a la distancia supo escucharme y aconsejarme; a la Lic. Vanesa Traverso y Natalia Mattano por hacer mis días en el laboratorio más divertidos, por todas las charlas y, en especial, a la Lic. Sabrina Bustos, por ser mi compañera en este camino, por ayudarme, escucharme siempre y apoyarnos mutuamente.

A las Dras. Josefina Ramón Mercau, Sofia Plastani y Natalia García Chapori, a la Lic. Malena Pirola y a Roswitha Höfner-Stich por compartir sus conocimientos y haberme ayudado de alguna u otra manera en diferentes etapas de este trabajo de investigación. Roswitha es una persona excepcional, por su amabilidad y dedicación en lo que hace y fue una gran compañía durante mis meses en Erlangen

A las diferentes docentes e investigadoras que formaron parte de este camino, las Dras. Cecilia Rodríguez, Ana Menéndez, Victoria Novas, las Lic. Yasmin Daglio y María Sol Porcel y, especialmente a las Dras. Visitación Conforti, Ángela Juárez y Vanina Galzenati por organizar el Stand de Protistas en el cual estoy feliz de participar desde hace ya varios años.

A la Dra. María Claudia Marchi por hacer mis visitas al microscopio electrónico de barrido divertidas, volviéndonos ambas cada día más expertas en encontrar a las pequeñas diatomeas!

A mis amigas exactas, las Lic. María Belén Miguez y Nadia Edelsztein por haberme acompañado en este camino tanto en los momentos de alegría como de tristeza, por las experiencias compartidas, sean congresos, actividades de extensión, por compartir esta pasión de ser biólogas y crecer juntas formándonos profesionalmente y, especialmente por todas risas y charlas infinitas sin importar el lugar en el mundo donde estemos. A la Lic. Fabiana Bracamonte, que a pesar de la distancia, siempre contamos una con la otra.

A mi amiga de la vida, Gabriela Balazs por seguir entendiendo mis ausencias, por apoyarme en mi infinita carrera y por estar siempre para cuando necesité desahogarme y tomar un respiro de este mundo académico.

A mi madrina Cora y a mi tío Héctor por siempre tener palabras de aliento en este camino que elegí y por buscar estar siempre presentes.

A Eric, quién cada día me alienta a seguir, por haberme apoyado y seguido en todos los viajes durante este camino, por siempre estar cuando lo necesito sin importar la distancia, siempre estamos cerca.

A mi mamá por su infinito e incondicional amor y su imprescindible sostén moral y económico, por entender y respetar la decisión de seguir formándome como profesional, por haber soportado no estar tan cerca en ciertos momentos pero aun así seguir apoyándome, por haberse armado de paciencia para lidiar con mi día a día en este camino y por hacer siempre hasta lo imposible para ayudarme y para que hoy llegue hasta acá.

Sin lugar a dudas no podría haber escrito estas páginas sin la ayuda de cada uno de ustedes y hoy agradezco haberlos cruzado en mi camino y tenerlos para cerrar esta etapa en mi carrera.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
2. LAS DIATOMEAS	
2.1 Generalidades.....	3
2.2 Biogeografía.....	5
2.3 Diatomeas como <i>bioproxies</i>	8
2.4 Funciones de transferencia y set de calibración.....	9
3. GEOCRONOLOGÍA.....	11
4. <i>PROXIES</i> GEOLÓGICOS Y GEOQUÍMICOS.....	12
5. OBJETIVO GENERAL.....	14
5.1 Objetivos específicos.....	14
5.2 Hipótesis.....	15
6. ÁREA DE ESTUDIO.....	16
7. MATERIALES Y MÉTODOS	
7.1 Set de calibración.....	18
7.1.1 Análisis de diatomeas.....	23
7.1.2 Análisis estadísticos.....	24
7.2 Secuencias sedimentarias.....	28
7.2.1 Geocronología.....	29
7.2.2 <i>Proxies</i> geoquímicos.....	29
7.2.3 Análisis de diatomeas.....	30
7.2.4 Análisis estadísticos.....	30
8. RESULTADOS	
8.1 Base de datos actual – Muestras sedimentos superficiales	
8.1.1 Biodiversidad en lagos y lagunas.....	32
8.1.2 Set de calibración.....	35
8.2 Base de datos fósiles – Secuencias sedimentarias	
8.2.1 Cronología.....	47
8.2.2 <i>Proxies</i> geoquímicos.....	49
8.2.3 Bioestratigrafía	
8.2.3.1 Laguna Verde.....	51
8.2.3.2 Laguna Gemelas Este.....	54
8.2.4 Funciones de transferencia.....	58
9. DISCUSIÓN	
9.1 Biodiversidad.....	60
9.1.1 Óptimos y tolerancias de los taxones.....	62
9.2 Secuencias sedimentarias.....	64
9.2.1 Geocronología y <i>proxies</i> geoquímicos.....	64
9.2.2 Laguna Verde.....	67
9.2.3 Laguna Gemelas Este.....	68
9.2.4 Inferencias paleoambientales.....	69

9.3 Funciones de transferencia.....	70
10. CONCLUSIONES.....	73
11. CONSIDERACIONES FINALES.....	74
Anexo I: Tablas.....	75
Anexo II: Micrografías de microscopio óptico y electrónico de barrido.....	101
12. BIBLIOGRAFÍA.....	156

1. Introducción general

La preocupación por el cambio climático global registrado a lo largo del siglo XX ha trascendido el ámbito académico para convertirse en un tema de importancia geopolítica internacional. Las reconstrucciones paleoclimáticas han sido de vital importancia para ayudar a situar el cambio climático contemporáneo en la perspectiva de la variabilidad climática natural y para la comprensión de procesos del sistema climático que operan a escalas de cientos o miles de años (Cubasch et al., 2013). Este tipo de estudios es imprescindible para contextualizar y evaluar el impacto de la componente antrópica en las condiciones actuales y para analizar escenarios futuros (Bradley et al. 2003).

La Paleolimnología (del griego paleon=viejo, limne=lago, logos=estudio) es la disciplina que se ocupa del estudio de la información almacenada en los sedimentos acumulados en el fondo de lagos, lagunas y distintos tipos de humedales (Smol et al., 2001). Está estrechamente relacionada tanto con la Limnología como con la Paleoecología, ya que el principal objetivo es reconstruir paleoambientes no-marinos, ya sean de aguas dulces, salobres o francamente salinas y se enfoca en el análisis de eventos tales como los cambios climáticos, el impacto humano (eutroficación, acidificación, etc.) y los procesos ontogénicos internos (Maidana & Amenabar, 2014).

La Paleolimnología combina la información biológica, geoquímica y física de archivos naturales para reconstruir su historia ecológica y evolutiva. Como los registros de monitoreos ecológicos no se extienden más que a las últimas décadas, este tipo de reconstrucciones son la clave para conocer cómo los ecosistemas respondieron a los disturbios del pasado, proveyendo la información esencial para entender el presente y los posibles cambios futuros en el clima. El estudio de cambios ocurridos en épocas recientes, por ejemplo los últimos miles de años en el Hemisferio Norte o los últimos cinco siglos en el Hemisferio Sur, puede basarse en la información documental disponible pero para períodos mayores o cuando no se dispone de tal información, se deben buscar, necesariamente, otras fuentes de información a las que se denomina “archivos ambientales”. Este término puede aplicarse tanto al registro histórico como al lugar donde está ubicado tal registro, y ambos son elementos críticos para descifrar la historia de un determinado sitio. El contenido debe ser rico en información y el contenedor debe ser lo suficientemente perdurable para que los registros ricos en significado estén disponibles para su estudio e interpretación (Cohen, 2003).

En los estudios paleoambientales, los datos directos para reconocer los cambios limnológicos son escasos, por lo cual se requiere obtener información a partir de observaciones indirectas. A este tipo de datos se los denomina *proxy* (plural *proxies*) y se los define como aquellos componentes de un archivo ambiental que pueden ser extraídos, identificados y cuantificados de manera tal que las condiciones ambientales pasadas que se infieran a partir de su análisis sean confiables y consistentes (Oldfield, 2005). Los *proxies* pueden ser abióticos (físicos, como sedimentológicos, mineralógicos, parámetros magnéticos, etc. o geoquímicos, como la composición de isótopos estables, geoquímica elemental inorgánica u orgánica, etc) o bióticos (organismos o partes/restos de ellos, paleopigmentos). Estas múltiples vías de evidencia brindan a los estudios paleolimnológicos la posibilidad de reconstrucciones integrales, constituyéndose en sistemas de referencia para el análisis de la variabilidad natural en diferentes escalas de cambio climático en los ambientes continentales (Birks & Birks, 2006).

Los lagos son uno de los archivos naturales más sensibles ya que reaccionan a forzantes extrínsecas e intrínsecas, son depósitos que permiten estudiar los procesos presentes y pasados a una alta resolución. Los sedimentos se acumulan en el fondo del lago a una velocidad que depende del clima, de la geomorfología y de la batimetría de la cuenca (Brenner et al., 2002). La "Ley de superposición" (Steno, 1669) postula que en una secuencia sedimentaria que no haya sufrido disturbios en su depositación, la parte más profunda es la parte más vieja ya que fue cubierta con material más joven, proporcionando así una escala de tiempo para la reconstrucción de los procesos internos y externos de la cuenca. Además, las reconstrucciones paleoambientales basadas en *bioproxies*, como por ejemplo las diatomeas, asumen que las relaciones organismo-ambiente no han variado con el tiempo, al menos en el Cuaternario tardío (Ley de uniformitarismo taxonómico, Dodd & Stanton, 1990) y pueden ser abordadas semicuantitativa o cuantitativamente, ya que las relaciones entre algunos grupos de organismos acuáticos usualmente presentes en los sedimentos lacustres y las características de su hábitat han sido cuantificadas y usadas para caracterizar ambientes acuáticos (Birks, 2005).

2. Las diatomeas.

2.1 Generalidades

Las diatomeas son organismos eucariotas unicelulares que, de acuerdo con las clasificaciones más modernas, pertenecen al clado SAR (Stramenopiles, Alveolates y Rhizaria), dentro de la división Heterokontophyta/Ochrophyta, Clase Bacillariophyceae (Cox, 2015).

Tradicionalmente, se distinguían dos grupos a los que, a lo largo de la historia, se les dio distintos niveles taxonómicos (Orden, Clase o Subclase) pero que actualmente se consideran solo como nombres vulgares: las “centrales” o “céntricas” y “pennales” o “pennadas” (Schütt, 1896; Hustedt, 1930, Simonsen, 1979, Medlin 2009). Round et al. (1990) reconoció tres Clases distinguibles, principalmente, por la morfología de la valva y otros datos no moleculares: Coscinodiscophyceae Round & Crawford (las céntricas tradicionales), Fragilariophyceae Round (las pennadas sin rafe), Bacillariophyceae Haeckel (las pennadas con rafe). Sin embargo, estudios filogenéticos más recientes cuestionaron esta clasificación y apoyaron la separación de un grupo de céntricas dentro de una nueva Clase denominada Mediophyceae Medlin & Kaczmarska. Varios autores (Medlin & Kaczmarska, 2004; Medlin, 2009; Medlin & Sato, 2009, Williams & Kociolek, 2010, entre otros) señalan que las diatomeas con rafe son monofiléticas mientras que las céntricas y las pennadas sin rafe no lo son. Hasta el momento, las relaciones entre Familias u Órdenes de las que tienen rafe no fueron analizadas con tanta profundidad como las de los otros dos grupos, por lo que actualmente todavía se utiliza la clasificación propuesta por Round et al. (1990) (Cox, 2015). Williams & Kociolek (2007) señalaron que los sistemas de clasificación naturales basados en las nuevas filogenias deberían producir cambios en el nombre de los grupos de las diatomeas.

Las diatomeas viven tanto en hábitats acuáticos (agua dulce, salobre y marina) como sobre rocas, tierra húmeda, arena, corteza de árboles, axilas de hojas, pelos y plumas de animales acuáticos, ya sea en forma solitaria o formando agregados de distintos tipos. Las especies estrictamente acuáticas pueden ser planctónicas o bentónicas (libres o sésiles). La gran mayoría de las diatomeas son de vida libre pero algunas viven como endosimbiontes de dinoflagelados y foraminíferos.

La coloración amarilla-amarronada de las células vivas se debe a su composición particular de pigmentos fotosintéticos como clorofilas a, c2 y c1 o c3, fucoxantina, β -

caroteno, diatoxantina, diadinoxantina, violaxantina antheraxantina y zeaxantina (Kuczyńska et al., 2015). En su gran mayoría son fotoautotróficas aunque algunas son mixotróficas y unas pocas especies han perdido capacidad fotosintética y se han convertido en heterótrofos obligados (p. ej. *Nitzschia alba* Lewin & Lewin).

Las diatomeas se reproducen fundamentalmente en forma asexual, dividiéndose por mitosis abierta y acéntrica. Una característica remarcable es que el tamaño de las células decrece en una población a lo largo de las sucesivas divisiones mitóticas. Como consecuencia de esto, el tamaño máximo de esa especie se restaura a través de la reproducción sexual que conduce a la formación por meiosis de gametas haploides que, al fusionarse, originan una cigota que puede crecer mucho de tamaño. Se denomina auxoespora a la cigota más su cubierta orgánica de diatoplectina. La reproducción sexual se da en algunos grupos en forma regular y en otros, solo ocasionalmente (Round et al., 1990).

A pesar de que la forma general de las valvas y la estructura de la célula son importantes para su identificación (Barber & Haworth, 1981), la taxonomía a nivel de especies y variedades utiliza casi exclusivamente los intrincados detalles de la cubierta celular compuesta fundamentalmente por varias piezas de sílice y que se denomina frústulo (Battarbee et al., 2001). El frústulo es multipartito y está compuesto por dos unidades grandes denominadas tecas. Cada teca, a su vez, está compuesta por una pieza mayor llamada valva y uno o más elementos conectantes (bandas conectivas o cópulas) de los cuales, el que se ubica adyacente a la valva y que puede ser el único presente en una teca, se denomina valvocópula. Cada valva está perforada por numerosos y pequeños poros, ordenados en patrones especie-específicos. En la organización tipo “céntrica”, los poros están alineados radialmente a partir de un pequeño anillo o disco central denominado “annulus”. Las céntricas no son necesariamente circulares sino también pueden ser elípticas, ovaladas, triangulares, cuadrangulares, pentagonales, etc. En la organización tipo “pennada” el patrón de estrías se organiza a ambos lados de una costilla longitudinal denominada “esternón”. Este grupo de diatomeas tiene en general de forma elongada, iso o heteropolar, con simetría aproximadamente bilateral o dorsiventral. Algunas diatomeas pennadas tienen un sistema de fisuras longitudinales denominado rafe, que se asocian con la locomoción (Round et al., 1990). El rafe puede estar ubicado o no en el centro de la valva, directamente sobre la superficie valvar o elevado en un repliegue (carina), conformando o no un conducto llamado canal rafidiano. Algunos géneros poseen estas fisuras en ambas valvas (birafidales) o solo en una de ellas

(monorafidales) mientras que en la otra esta fisura se rellena tempranamente con sílice. Las diatomeas pennadas que carecen de rafe se denominan arafídeas. Hay unas pocas especies de diatomeas birrafídeas que se agregan en cadenas y que, excepcionalmente, pueden sufrir una pérdida secundaria del rafe en las valvas que quedan adosadas como ocurre, por ejemplo en *Humidophila contenta* (Grunow) Lowe et al. o en *Diadesmis confervacea* Kützinger.

Los poros de las valvas y de los elementos del cingulo permiten el intercambio de agua, nutrientes, gases y productos celulares entre el ambiente y la célula. Estas perforaciones tienen distintos nombres según el tipo (poros simples, areolas, alveolos, etc.). Las areolas y los alveolos, en particular, están parcialmente ocluidos por placas variadamente perforadas (velos). Según el tipo de perforaciones que tengan, los velos se clasifican como *cribbra* cuando solo tienen poros, *rotae* cuando tienen una o más ranuras curvadas y *volae* cuando las perforaciones son irregulares y conforman un retículo. La posición de las areolas y las características del velo son también características taxonómicas de importancia. Existen otros tipos de aberturas con funciones más o menos conocidas, como las *rimoportulae* o procesos labiados, las *fultoportulae* o procesos reforzados, las *carinoporulae*, los ocelos, los pseudocelos, el rafe y los campos de poros apicales (Round et al. 1990). Otras características que permiten separar especies o grupos de especies son la presencia y tipo de espinas o protuberancias como así también, algunos rasgos distintivos de las cópulas (forma, tamaño, número, si son abiertas o cerradas, si tienen o no placas, si son perforadas o no, etc.).

El uso de la microscopia electrónica de barrido (MEB) para el estudio de las diatomeas comenzó en la década de los 60's y ha revelado detalles no visibles con el microscopio óptico (MO). El uso más generalizado de esta herramienta en las últimas cuatro décadas ha conducido a la creación de nuevos términos, como los incluidos en Ross & Sims (1972), Anonymous (1975), Ross et al. (1979), Barber & Haworth 1981, Round et al. (1990) y Cox (2012), entre otros.

2.2 Biogeografía

A pesar de que se sabe que muy pocas diatomeas pueden vivir tanto en ambientes marinos como de agua dulce, hay una amplia creencia de que son cosmopolitas (que “todas están en todas partes”, Hipótesis de la Ubicuidad, Finlay, 2002). Si bien hay especies de las que se dice que tienen una distribución global, otras pueden no estar tan

ampliamente distribuidas como se ha sugerido hasta ahora. Este sería el caso de, por ejemplo, *Achnantheidium minutissimum* (Kützinger) Czarnecki o *Pinnularia borealis* Ehrenberg que actualmente se considera que son en realidad complejos de especies (Potapova & Hamilton, 2007; Van de Vijver & Zidarova, 2011; Souffreau et al., 2013). Como ocurre con muchos de los grupos de microorganismos considerados como protistas, la taxonomía de las diatomeas es notoriamente complicada, en parte porque hay muy pocas revisiones críticas de géneros individuales (Kociolek & Williams, 2015) y en parte debido a problemas para acceder a toda la literatura relevante. La delimitación de las especies se ha basado casi exclusivamente en aspectos morfológicos y morfométricos de las valvas silíceas, muchas veces sin comprender acabadamente las causas subyacentes de los patrones de sus variaciones morfológicas (Vanormelingen et al., 2008) y, entonces, lo que se encuentra en “todas partes” pueden no ser individuos de la misma especie.

Los autores de las floras europeas globalmente utilizadas para identificar diatomeas a nivel infragenérico, como Hustedt (1927-1966) y Krammer & Lange-Bertalot (1986-1991), estuvieron fuertemente aferrados a la idea de que la variabilidad morfológica que se observaba en algunas especies era puramente fenotípica y, por esto, consideraron delimitaciones muy amplias para ciertas especies, como en el caso de algunos grupos dentro de la familia Fragiliariaceae. Además, el uso de floras europeas o norteamericanas para identificar diatomeas de otras regiones las cuales no había suficiente información a nivel local, indujo el “*force-fitting*”, como se denomina a la práctica, común en siglos pasados, de denominar a especies no europeas como si fueran las mismas que viven en Europa o en América (Tyler, 1996). Esto ha ocurrido particularmente en América del Sur, resultando en historias nomenclaturales confusas que requerirán mucho tiempo y esfuerzo para ser esclarecidas (Morales et al., 2015). Utilizar un concepto amplio para diferentes grupos de especies y/o forzar su identificación tiene consecuencias severas para el conocimiento de la ecología, diversidad y distribución de diatomeas, ya que no solo extiende los límites morfológicos de muchas especies sino también refuerza el concepto erróneo de que la mayoría de las especies de diatomeas tienen una distribución cosmopolita y son ecológicamente generalistas (Kociolek & Spaulding, 2000). Durante las últimas décadas, varios investigadores (Mann, 1999; Mann et al., 2008; Políčková et al., 2010; Kermarrec et al., 2013, entre otros) sugieren que muchas especies de diatomeas agruparían en realidad a varias entidades semi-cripticas y, en consecuencia, la diversidad podría estar siendo severamente subestimada.

Mientras que siempre fue aceptado que algunas diatomeas parecen estar limitadas a regiones particulares debido a restricciones en su dispersión y no a su ecología, muchas especies nuevas están siendo consideradas como endémicas de ciertas regiones (Mann et al., 2016). El incremento en el número de estudios en los cuales se analiza más detalladamente la taxonomía de las diatomeas apoya la prevalencia de patrones de distribución restringidos (Vanormelingen et al., 2008). Es por eso que, a medida que se estudian más ecosistemas en diferentes áreas geográficas, el número de especies de diatomeas es mayor (Metzeltin & Witkowski, 1996; Moser et al., 1998). Sin embargo, la escasez de muestreos de algunos hábitats y regiones (por ejemplo zonas aisladas de la Patagonia) y el subregistro de taxones raros son problemas graves para los estudios biogeográficos y puede conducir a una subestimación de los rangos geográficos de las especies. Es importante remarcar que para describir nuevos taxones, comparar grupos afines o reexaminar taxones ya descritos resulta casi indispensable analizar el material tipo y así poder delimitar mejor los rangos morfológicos de las especies y tener una mejor aproximación de la diversidad real en los diferentes géneros de diatomeas. Estos análisis se complican cuando los materiales tipos no son accesibles, ya sea porque las colecciones han desaparecido o por que el material no está preservado adecuadamente.

En particular, trabajar en la taxonomía de las diatomeas de un lugar aislado y poco conocido como lo es la Patagonia argentina, plantea grandes desafíos científicos y metodológicos. Si bien los primeros registros de diatomeas argentinas datan de mediados del siglo 18 (Luchini & Verona, 1972; Frenguelli, 1924, 1942; Frenguelli & Orlando, 1956; Sar et al., 2009) deben destacarse porque cubrieron gran parte del territorio argentino e incluso el Sector Antártico e Islas del Atlántico Sur. Sin embargo, mucho del material publicado sobre los cuerpos de agua continentales de la región contiene solo listas taxonómicas (Luchini, 1973, 1974; Maidana et al., 2005; Izaguirre & Saad 2014, entre otros). Los catálogos de Luchini & Verona (1972), Tell (1985) y Vouilloud (2003) resumen parcialmente la información de estas publicaciones. Hasta hace unos 30 años, la mayoría de las descripciones de especies nuevas de Argentina solo incluían dibujos o micrografías obtenidas con microscopio óptico. Actualmente se ha generalizado la idea de que para poder realizar una precisa descripción de los taxones, especialmente de los de menor tamaño, se requiere realizar observaciones con microscopía electrónica. En los últimos años, se describieron para la región patagónica varios nuevos taxones, incluyendo nuevos Órdenes, Familias, géneros y especies (Maidana, 1999; Maidana & Round, 1999;

Guerrero & Echenique 2006; Recasens & Maidana, 2013; García et al., 2017; Maidana et al., 2017a y b, Guerrero et al., 2018).

2.3 Diatomeas como *bioproxies*

La estimación de variables ambientales a partir de bases de datos de diatomeas se ha transformado en una herramienta ampliamente utilizada en los estudios paleoambientales. Las diatomeas son excelentes indicadores paleolimnológicos ya que generalmente son abundantes y están bien preservadas en los sedimentos lacustres, ya que su pared celular de sílice las hace muy resistentes. Además, poseen una gran variedad de estrategias adaptativas y un ciclo de vida corto que les permite responder rápidamente a los cambios ambientales (Lotter et al., 1999). La composición específica de los ensambles de diatomeas está relacionada con variables ambientales directamente relacionadas con el clima, como la temperatura del agua, la extensión de la cubierta de hielo, los patrones de estratificación, la profundidad de la columna de agua, y otros parámetros químicos como el pH, la concentración y la composición iónica, la concentración de nutrientes, etc. (Smol & Cumming, 2000). Consecuentemente, los ensambles diatomológicos se modifican en respuesta a las condiciones ambientales cambiantes y los ensambles fósiles recuperados del registro sedimentario contenido en los cuerpos de agua se convierten en un valioso archivo para reconstruir las condiciones ambientales pasadas de la región (Briner et al., 2006).

A pesar del gran potencial que poseen los ensambles de diatomeas para la reconstrucción paleoambiental del Cuaternario tardío, un limitado número de estudios han sido llevados a cabo en América del Sur. Espinosa (2008, 2016) recopiló los estudios de este tipo que incluyen diatomeas, realizados en la región Patagónica, primero, y en Sudamérica, después. Las paleoreconstrucciones que incluyen a las diatomeas, realizadas para la provincia de Santa Cruz se focalizaron en la estepa o en el ecotono bosque-estepa (Maidana & Corbella, 1997; Markgraf et al., 2003; Haberzettl et al., 2005; Wille et al., 2007; Fey et al., 2009; Recasens et al., 2010; Massaferrero et al., 2013; Zimmermann et al., 2015, entre otros). En los últimos años se han examinado algunos cuerpos de agua para estudiar su evolución paleoambiental, como el lago Cardiel (Gilli et al. 2001; Markgraf et al., 2005) y las lagunas Azul (Mayr et al., 2005), Cháltel (Ohlendorf et al., 2014) y Las Vizcachas (Fey et al., 2009, Quintana et al., 2018). En el marco de la iniciativa internacional e interdisciplinaria ICDP-PASADO (International Continental Scientific

Drilling Program – Potrok Aike Sediment Archive Drilling Project) se obtuvo una gran cantidad de datos nuevos para la Patagonia Austral a partir del estudio intensivo del registro sedimentario del lago maárico Potrok Aike (Kliem et al., 2013; Zhu et al., 2013; Zolitschka et al., 2013; Vuillemin et al., 2014; Oehlerich et al., 2015). A pesar de los trabajos llevados a cabo desde entonces, aún persisten muchas incertidumbres relativas a la cronología precisa de los eventos registrados, su naturaleza, uniformidad y sincronidad con los de latitudes menores (Wille et al., 2007; Fey et al., 2009; Piovano et al., 2009, 2014; Ariztegui et al., 2008; Zolichstka, 2006, 2013).

2.4 Funciones de transferencia y set de calibración

Los estudios paleoambientales fueron evolucionando en los últimos años hasta convertir a la Paleoecología, y en particular la Paleolimnología, en una disciplina analítica y cuantitativa que permite probar, a partir de diferentes métodos estadísticos, hipótesis referidas al impacto de los cambios ambientales pasados. Con este propósito, distintos grupos de investigadores han desarrollado métodos que modelan la presencia y abundancia de algunos grupos de organismos (*bioproxies*) y su relación con los valores de parámetros ambientales, conformando los que se denominan sets de calibración (*training sets*). Uno de los métodos estadísticos son ecuaciones que se denominan “funciones de transferencia” (FT) que describen la relación entre los ensambles de *bioproxies* y las variables ambientales por lo que se dice que “transfieren” información ambiental a información biológica (Shuman, 2007).

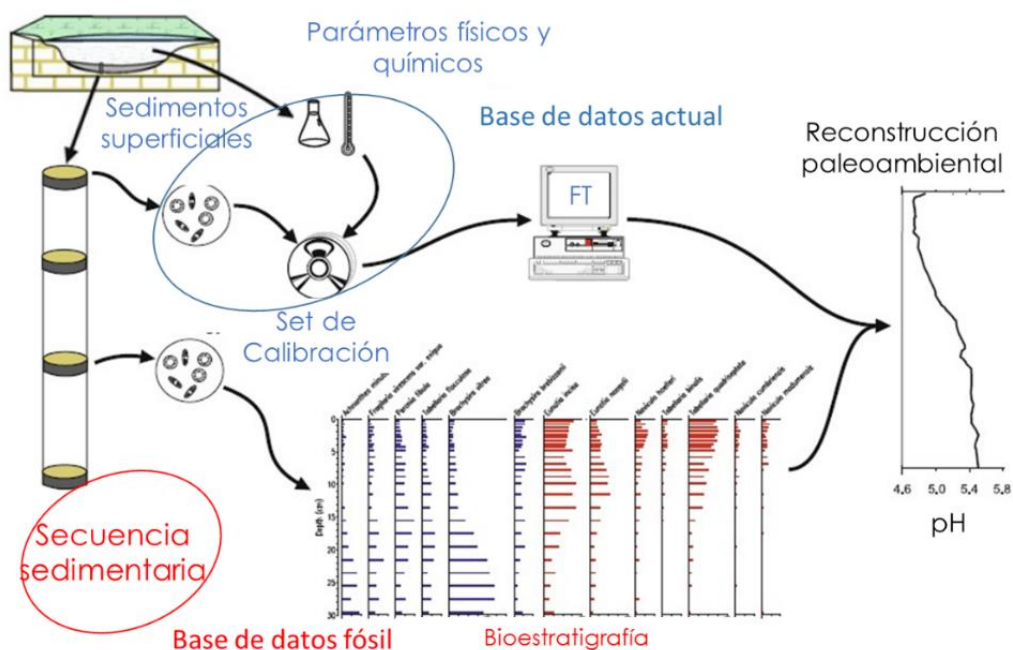


Fig. 1. Esquema de todos los elementos que componen la elaboración de un set de calibración (modificado de Juggings & Birks, 2012) y la elaboración de una función de transferencia, su aplicación y la obtención de una reconstrucción paleoambiental cuantitativa.

Para construir un set de calibración se necesita disponer de dos bases de datos, una “actual/moderna” para la cual se analizan muestras de sedimentos superficiales de cuerpos de agua permanentes en los que se miden distintos parámetros ambientales y otra con datos “fósiles”, con la composición específica de los ensambles a lo largo de una secuencia sedimentaria (Fig 1). Para la primera base de datos se utilizan sedimentos lacustres superficiales ya que se asume que contienen una flora integrada que es representativa de todos los hábitats posibles en un determinado cuerpo de agua (Douglas & Smol, 1993; Battarbee et al., 2001).

La mayoría de las especies que componen un ensamble de *bioproxies* ocurre en un rango limitado de condiciones ambientales, por lo que la composición de los ensambles varía con los gradientes ambientales en el espacio y tiempo. Cada especie tiene un óptimo de desarrollo y un rango de tolerancia para cada una de las variables ambientales, determinado genéticamente, que luego puede restringirse por la competencia y pastoreo (Mann et al., 2016). Las características químicas de cuerpos de agua no-marinos son mucho más diversas que en los marinos y, es por esto que las especies de ambientes no-marinos muestran una gran variación en cuanto a sus preferencias de pH, concentración de nutrientes, conductividad, etc. Gracias a estas preferencias específicas,

las funciones de transferencia permiten reconstruir de manera cuantitativa la evolución de una variedad de parámetros ambientales.

El modelo de regresión más utilizado para desarrollar las funciones de transferencia es el de promedios ponderados (WA por sus siglas en inglés, *Weighted Averaging*) que determina los óptimos y rangos de tolerancia de las especies, es decir, el centro y la amplitud del nicho que podría ocupar cada taxón (ter Braak & Juggins, 1993).

Entre 2008 y 2012, en el marco del “Proyecto Interdisciplinario Patagonia Austral” (PICT/Redes 2006 - 02338), se comenzó la elaboración de un set de calibración para diatomeas con datos de lagos y lagunas de la Patagonia argentina, entre los 48 y los 52°S (Echazú, 2012). Para ese trabajo, se analizaron muestras de 35 lagos y lagunas permanentes y significó un valiosísimo aporte al conocimiento de la biodiversidad de diatomeas de la región. En algunos de los cuerpos de agua analizados no se hallaron diatomeas y en otros no se pudieron obtener los datos físico-químicos necesarios por lo que ese set de calibración contiene datos completos solo de 29 de los cuerpos de agua muestreados. Al ampliarlo añadiendo un número mayor de cuerpos de agua, el nuevo set permitiría el desarrollo de funciones de transferencia aplicables para reconstrucciones paleoambientales cuantitativas para el sur de la provincia de Santa Cruz.

3. Geocronología

Los archivos sedimentarios pueden abarcar diferentes escalas de tiempo que van desde interanual hasta decenal o milenial (Cohen, 2003, Last & Smol, 2001). Existen distintas técnicas de datación para obtener un modelo cronológico que permita establecer una escala edad-profundidad en registros sedimentarios. La geocronología determina cuantitativamente la distribución vertical de radioisótopos en la secuencia. Sin la información geocronológica no sería posible ubicar los cambios ambientales pasados en una adecuada perspectiva temporal (Smol, 2017). En la mayoría de los casos, los sedimentos lacustres se datan usando técnicas radiométricas. El método de datación con ^{14}C (vida media de desintegración 5730 $\pm$ 40 años), por ejemplo, es apropiado para datar edades de miles de años hasta aproximadamente 45.000 años. Hasta fines de los ‘80s, era común datar el ^{14}C de la fracción orgánica del sedimento (*bulk sediment*), método que requería grandes cantidades de material. En las últimas décadas, los avances en la tecnología AMS (de sus siglas en inglés, Accelerator Mass Spectrometry) han permitido datar muestras orgánicas muy pequeñas como, por ejemplo, semillas o fragmentos de

raíces, tallos u hojas. Las técnicas que utilizan los radioisótopos con menor vida media de desintegración (^{210}Pb y ^{137}Cs , 26 y 30 años, respectivamente) proveen cronologías contemporáneas adecuadas (Eakins, 1983).

Otra herramienta geocronológica utilizada es el análisis de piroclastos (“tefras”), que son fragmentos de rocas de origen volcánico. Estas tefras pueden provenir de erupciones de edades conocidas lo que permitiría asignar edades a los niveles donde aparecen. En la parte más al sur de los Andes, y en especial en la zona volcánica andina austral (*Andean Austral Volcanic Zone*, AVZ), la identificación de la fuente de las cenizas volcánicas se puede hacer casi sin ambigüedades debido a que cada volcán tiene características químicas únicas, particularmente su contenido de Rb y la relación isotópica de Sr o el contenido de SiO_2 vs K_2O (Stern 1990, 1991, 2008, Stern & Kilian 1996). La Tabla 1 muestra una lista de erupciones históricas para los volcanes mas cercanos de la región muestreada.

Tabla 1. Erupciones históricas de mayor relevancia en la Zona volcánica andina austral, con el índice de explosividad volcánica (VEI = *Volcanic explosivity index*) asignado para cada evento, tomado de Mayr et al. (2018).

Volcán	Año de erupción	VEI	Referencias
Viedma	1988	2	Kilian (1990)
Lautaro	1978/79	2	Lliboutry (1998)
Lautaro	1972	1	Lliboutry (1998)
Lautaro	1959/60	2	Martinic (1988)
Lautaro	1945	1	Lliboutry (1998)
Lautaro	1933	2	Martinic (1988)
No identificado	1886	>2	Burmeister (1891)
Lautaro	1883	>2	Martinic (1988)
Lautaro	1878/79	?	Martinic (1988)
Lautaro	1876	2	Martinic (1988)

4. Proxies geológicos y geoquímicos

Una vez determinada la edad del registro, se puede calcular la tasa de sedimentación y, así, la cantidad de material depositado por unidad de tiempo. Tasas de sedimentación bajas indican bajo transporte de sedimentos en la cuenca mientras que las altas expresan alta erosión en la cuenca, lo que traería como consecuencia la entrada de material alóctono al cuerpo de agua (Walling, 1999). Existen varios parámetros para

establecer el origen autóctono o alóctono de la materia orgánica sedimentaria, como por ejemplo los valores $\delta^{13}\text{C}$ que pueden diferenciar si la materia orgánica proviene del mismo cuerpo de agua o de la cuenca de drenaje (Brenner et al., 1999).

Las plantas terrestres adquieren CO_2 del agua y la atmósfera, si bien los valores dados en la literatura varían ligeramente de un autor al otro, en general las plantas terrestres con metabolismo C_3 , que siguen la vía fotosintética del ciclo de Calvin, presentan valores medios de $\delta^{13}\text{C}$ bajos (-32 a -20%) mientras que las C_4 , que siguen el ciclo de Hatch-Slack, presentan valores medios más altos (-17 a -9%). Las macrófitas sumergidas, en su mayoría C_3 , tienen valores de $\delta^{13}\text{C}$ de -30 a -12% mientras que las algas del fitoplancton tienen de -42 a -26% (Coleman & Fry, 1991; Mayr et al., 2009). El Carbono y el Nitrógeno están entre los componentes más importantes de la materia orgánica en los sedimentos acuáticos. La relación Carbono-Nitrógeno (C/N) y la de los respectivos isótopos ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$) son parámetros importantes para inferir la procedencia de la materia orgánica y las fuentes de nutrientes (Contreras et al., 2018) y, por tanto, de los procesos que ocurren en la cuenca (Mayr et al., 2009). Las variaciones de las relaciones entre los isótopos estables de la materia orgánica en los sedimentos pueden ser usadas como evidencia de cambios pasados de la productividad primaria y del ciclo biogeoquímico en un cuerpo de agua (Meyers, 1999). En general, las algas tienen un valor C/N de entre 4 y 10 mientras que las plantas vasculares terrestres tienen un valor mayor o igual a 20, por su mayor cantidad de celulosa y lignina (Contreras et al., 2018). El contenido de Nitrógeno se utiliza con frecuencia en estudios ambientales para realizar inferencias sobre el estado trófico. Como la disponibilidad de Nitrógeno y de Fósforo limita el desarrollo de los productores primarios, aumentando o disminuyendo la biomasa algal, su análisis provee información valiosa para entender el estado de productividad del cuerpo de agua. Los cambios de la composición de los isótopos de Carbono y Nitrógeno de la materia orgánica contenida en los sedimentos, a lo largo de una secuencia sedimentaria, ayudan a rastrear las historias de cambios ambientales y también a inferir cambios ambientales naturales, sedimentológicos y diagenéticos, tanto como eventos de contaminación (Meyers, 2003; Lücke & Brauer, 2004).

5. Objetivo general

El objetivo general de este trabajo es profundizar los conocimientos existentes sobre la biodiversidad y ecología de diatomeas en el sur de la provincia de Santa Cruz (Argentina) y aportar datos al conocimiento de las interacciones entre estos microorganismos y algunos factores ambientales. Con esta información, además, se aportarán herramientas para la comprensión de los cambios ambientales ocurridos durante el Cuaternario en esta región, utilizando la información provista por los ensambles de diatomeas recuperados de ambientes lacustres.

5.1 Objetivos específicos

1. Ampliar la base de datos existente de la biodiversidad de diatomeas, sus requerimientos ecológicos y su distribución geográfica actual en cuerpos de agua lénticos del sur de la provincia de Santa Cruz, entre los 47° y los 52° S.
2. Registrar, paralelamente a la obtención de las muestras, algunos parámetros ambientales tales como pH, temperatura y conductividad para completar un set de calibración de diatomeas que reúna un número estadísticamente confiable de cuerpos de agua lénticos de la región.
3. Relacionar la distribución de las diatomeas actuales con datos físicos, químicos y climáticos propios de los hábitats que ocupan, conformando un set de calibración
4. Elaborar funciones de transferencia aplicables a reconstrucciones paleoambientales.
5. Analizar cuali y cuantitativamente los ensambles de diatomeas recuperados de dos secuencias sedimentarias obtenidas en el marco del proyecto que apoya este plan de trabajo, que abarquen, al menos, los últimos 700 años.
6. Reconstruir, mediante la aplicación de funciones de transferencia, la evolución de algunos parámetros ambientales a lo largo del Holoceno en el sur de la provincia de Santa Cruz
7. Analizar la composición de isótopos de carbono y nitrógeno como indicador de la fuente de la materia orgánica en las secuencias sedimentarias de las lagunas analizadas.
8. Comparar los cambios ambientales inferidos a partir de las reconstrucciones paleoambientales con la historia ambiental a escala interhemisférica y global.

5. 2 Hipótesis

H1: La composición específica y estructura de los ensambles diatomológicos de cada cuerpo de agua analizado de la provincia de Santa Cruz son diferentes en función del pH, temperatura y conductividad.

H2: Los cambios en la composición específica y estructura de los ensambles de diatomeas en las secuencias sedimentarias VER17-1 y GEM15-2 reflejan los cambios ambientales ocurridos durante el tiempo de su depositación.

H3: Los eventos volcánicos ocurridos en el período que comprenden las secuencias sedimentarias VER17-1 y GEM15-2 afectaron la abundancia de diatomeas y la composición de los ensambles dominantes.

H4: Los cambios ambientales ocurridos en la región durante el tiempo que comprenden las secuencias sedimentarias analizadas VER17-1 y GEM15-2, se reflejan en cambios en el origen de la materia orgánica.

6. Área de estudio

La región patagónica argentina se extiende por más de 2200 km en dirección N-S, desde el sur del río Colorado (37°S) hasta el Cabo de Hornos (56°S). Como describen Coronato et al. (2017), la estructura geológica de la Patagonia permite el reconocimiento de dos grandes subregiones bien definidas: la Patagonia Andina, ubicada al oeste, compuesta por un cordón montañoso resultante de intensa actividad plutónica y volcánica y del plegamiento durante el Terciario y la Patagonia extra-andina o estepa patagónica, al este de la anterior, con depresiones y valles amplios, resultante del relleno sedimentario y volcánico de bloques tectónicos del antiguo basamento durante el Mesozoico y Cenozoico. La cordillera de los Andes, en la zona de la Patagonia andina, tiende a disminuir en altura en sentido N-S, con su pico más alto al norte (Volcán Domuyo, 4700 m snm.). Existen dos Campos de Hielo situados en la cordillera patagónica: el Patagónico Norte en Chile y el Patagónico Sur, entre Argentina y Chile. Estas masas de hielo alimentan a docenas de glaciares de la región, como el Upsala, el Viedma y el Perito Moreno. Bajo estos Campos se encuentran seis centros volcánicos formados durante el Holoceno, pertenecientes a la zona volcánica andino-austral (AVZ): el Lautaro, el Viedma, el Aguilera, el Reclus, el Burney y el Cook Island.

Los cuerpos de agua patagónicos de mayor tamaño y estabilidad temporal se encuentran principalmente en la Patagonia andina y son, en su mayoría, de origen glaciar. Entre ellos se destacan los lagos Nahuel Huapi, Argentino, Buenos Aires y Viedma.

El N-NE de Patagonia tiene un clima templado, continental hacia la cordillera y de transición hacia el Atlántico mientras que hacia el S-SO el clima es frío y predominantemente transicional. La amplitud térmica media anual varía desde 16° C en el norte hasta 8° C en el sur (Coronato et al., 2008, 2017).

La Patagonia es uno de los sitios clave para realizar reconstrucciones paleoclimáticas ya que es la única masa continental en el rango de incidencia del cinturón de los vientos del oeste del Hemisferio Sur o *westerlies*, uno de los principales forzantes climáticos de la región durante los últimos 250 millones de años (Compagnucci, 2011). La Cordillera de los Andes representa una barrera orográfica al flujo de los *westerlies* e impone una marcada divisoria climática que se expresa como una correlación directa/inversa entre precipitaciones e intensidad de los *westerlies* a ambos lados de la cadena montañosa (Garreaud et al., 2013). Al oeste de la cordillera, las precipitaciones anuales son de entre 5000–10.000 mm, valores elevados que contrastan con el régimen

semiárido de la estepa patagónica. Las masas de aire provenientes del oeste pierden su humedad por efecto orográfico y se vuelven más cálidas y secas por calentamiento adiabático, resultando en un gradiente decreciente de precipitaciones oeste-este del orden de los 300 - 700 mm anuales (Garreaud et al., 2013). Las precipitaciones en el sureste Patagónico están acopladas a la dirección del viento (Schneider et al., 2003). Comparando la frecuencia de la dirección del viento, la mayoría de las precipitaciones son traídas por masas de aires provenientes del este, lo que las convierte en una importante fuente de humedad en la estepa Patagónica (Mayr et al., 2007). Es por ello que la región posee una variedad de comunidades boscosas y de ambientes lacustres distribuidos a lo largo de gradientes latitudinales y altitudinales de precipitación y temperatura.

Los gradientes altitudinales definidos por la cordillera de los Andes y su transición hasta la estepa patagónica cubren un rango único de ecotonos cuyos archivos paleoclimáticos ofrecen una oportunidad de comprender distintos aspectos de la circulación atmosférica en la región (Villalba et al., 2009). Al norte de la Patagonia, (28° - 34°S), se encuentra el cinturón de altas presiones subtropicales, constituido por los anticiclones semipermanentes del Sudeste del Pacífico y del Atlántico Sur mientras que en límite sur de la región (~56°S), se encuentra la zona de bajas presiones subpolares, íntegramente comprendida en la zona de circulación de los *westerlies* (Coronato et al., 2017). El desplazamiento hacia el sur del cinturón subtropical determina el desplazamiento estacional de los *westerlies*, localizándose en invierno en torno a los 30°S y más restringido latitudinalmente en verano, con máximos de intensidad entre los 45° y 55°S. Como consecuencia de la fuerte influencia del Anticiclón del Pacífico en la circulación atmosférica de la región, gran parte de la Patagonia presenta máximos de precipitación en invierno (Garreaud et al., 2013).

A pesar de que pocas partes del mundo tienen su clima y su biota determinados por casi un único elemento meteorológico, como son los *westerlies* para la Patagonia, se dispone de relativamente pocos registros paleoambientales de alta resolución, bien datados, para esta región. Los trabajos publicados hasta el momento, la mayoría de ellos realizados en ambientes de estepa, muestran cambios en los niveles lacustres, algunos correlacionados con eventos conocidos en el Hemisferio Norte (la transición Tardiglacial-Holoceno, el *Younger Dryas*, la Anomalía Climática Medieval y/o la Pequeña Edad de Hielo). En general, los estudios paleoclimáticos sobre Patagonia sur estuvieron hasta hace poco restringidos principalmente a relevamientos de polen y carbón en turberas y mallines (Markgraf, 1993; Mancini, 2002; Huber et al., 2004; Schäbitz et al., 2013; entre otros) y

solo los más recientes incluyeron otros tipos de *bioproxies* (Ohlendorf et al., 2014; Zimmermann et al., 2015; Quintana et al., 2018; Palermo et al., 2018; entre otros).

7. Materiales y métodos

7.1 Set de calibración

Las muestras de sedimentos superficiales que se analizaron fueron recolectadas en lagos y lagunas localizados entre los 47° y 52° S, en la provincia de Santa Cruz, Argentina, durante las campañas realizadas en 2013, 2015, 2016 y 2017. Estas campañas se enmarcaron en los proyectos UBACyT 2011-2014 N° 20020100100999; UBACyT 2015-2017 N° 20020130100413BA, el proyecto conjunto Argentina-Alemania “BMBF-MinCyT project OXICLIM” y, solo para las muestras de 2016, FONCYT PICT 2013-0794.

Se obtuvieron muestras de sedimentos superficiales de 28 lagunas (14 en 2013, 7 en 2015 y 7 en 2016, Figs 2, 3 y 4) que representan un gradiente ambiental desde el pedemonte andino hasta la zona de la estepa patagónica. Los sedimentos, extraídos lo más próximo al centro posible, se obtuvieron por arrastre de un dispositivo construido a tal efecto y que consiste de un recipiente metálico de boca ancha sostenido en forma horizontal por una vara de 1,5 m de longitud. Como en dos de los cuerpos de agua no se encontraron diatomeas (Lagunas 13-54 y Honda), solo se consideraron 26 para el set de calibración. En terreno, se midieron la temperatura, el pH, la conductividad y la concentración de oxígeno disuelto con un multiparamétrico portátil Hanna HI 9828. En la Tabla 2a figura la lista de sitios muestreados (cada uno con su nombre formal -o uno dado por el colector- y un código), la geolocalización y los valores de los parámetros ambientales medidos en cada sitio.

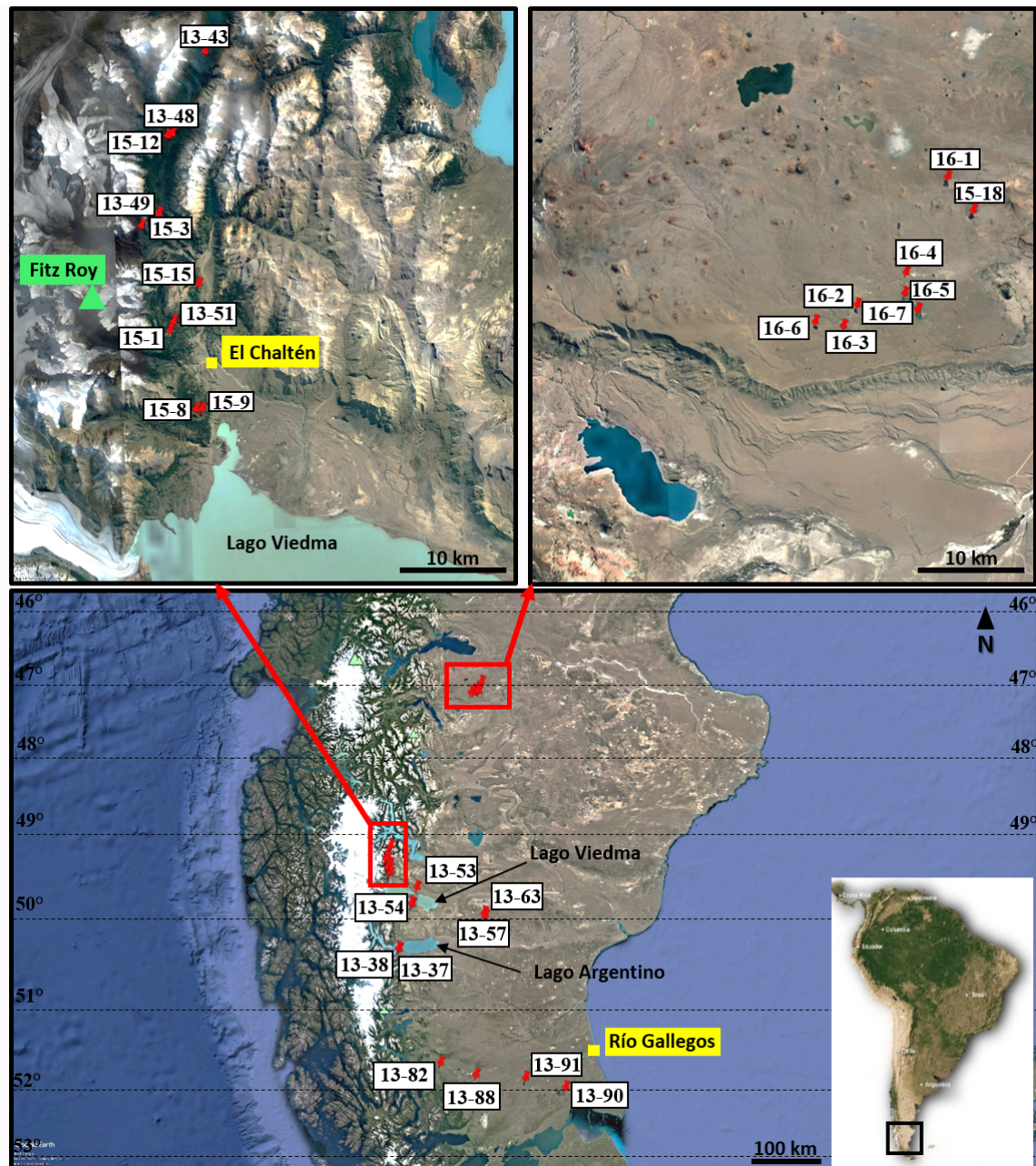


Fig. 2. Ubicación de los lagos y lagunas de la provincia de Santa Cruz considerados en este estudio

Tabla 2a. Localización y los valores de algunas variables físicas y químicas de las lagunas consideradas en este trabajo.

Código	Nombre	Latitud	Longitud	Altitud (m snm)	Cond (μ ond (	Saturación de Oxígeno (%)	pH	T (°C)
13-90	Azul	52°04'52"	69°35'69,6"	197	433	128	8,9	11,2
13-91	Potrok Aike	51°57'51,9"	70°23'70,39"	120	3010	111	9,0	11,0
13-88	Little Hill	51°54'51,2"	71°21'71,3"	115	1834	107	9,0	11,8
13-82	Huergo	51°44'51,7"	72°04'72"	147	1100	99	8,9	9,0
13-38	Cerro Frías Oeste	50°20'50,3"	72°47'72,7"	187	286	152	8,7	11,5
13-37	Cerro Frías Este	50°19'50,3"	72°48'72,7"	190	219	143	8,0	13,2
13-54	Laguna 13-54	49°43,2'49,7"	72°23,4'72,3"	260	314	184	9,1	19.1
13-57	Cháltel	49°57'50"	71°07'71,1"	843	815	122	8,9	6,8
13-63	Flamenco	49°55'49,9"	71°07'71,1"	856	55.900	94	10,0	7,0
13-53	Toro	49°34'49,5"	72°23'72,4"	278	313	153	8,5	14,1
13-51	Capri	49°18'49,3"	72°55'72,9"	757	48	132	7,5	9,1
13-49	Condor	49°11'49,2"	72°57'72,9"	444	50	136	7,7	11,8
13-48	Lilean	49°07'49,12"	72°55'72,9"	458	62	120	7,2	12,0
13-43	Desierto	49°04'49"	72°53'72,8"	510	43	134	7,5	11,0
15-8	Gemelas Oeste	49°23'49,3"	72°54'72,9"	612	35	s/d	7,3	8,2
15-9	Gemelas Este	49°23'49,3"	72°54'72,8"	886	16	s/d	7,3	8,2
15-1	Capri 2	49°18'49,3"	72°55,9'72,9"	745	45	s/d	7,4	6,6
15-3	Verde	49°12'49,2"	72°58'72,9"	539	20	s/d	7,4	7,8
15-12	de la pesca	49°7'49,1"	72°55,7'72,9"	527	46	s/d	7,3	8,7
15-15	Polo	49°15'49,2"	72°53,7'72,9"	878	118	s/d	8,0	7,4
15-18	Honda	47°3'47"	71°3,2'71"	1138	14300	s/d	9,1	9,2
16-1	9 de Julio	47°01'23,7"	71°05'32,5"	1270	163	81	8,6	14,0
16-2	Soñada	47°08'34"	71°13'15,7"	1207	46	23	8,7	15,0
16-3	Chapu 1	47°09'43,8"	71°14'03,2"	1210	394	196	8,5	13,7
16-4	Pedregosa	47°06'31,5"	71°08'20,4"	1192	1150	575	9,6	18,0
16-5	E25	47°07'51,6"	71°09'21,2"	1186	76	38	8,1	16,0
16-6	Cervecero 1	47°09'21,7"	71°16'44"	1271	114	58	7,9	14,0
16-7	Gaviotero	47°08'53,6"	71°08'11,7"	1164	90	45	8,6	16,0

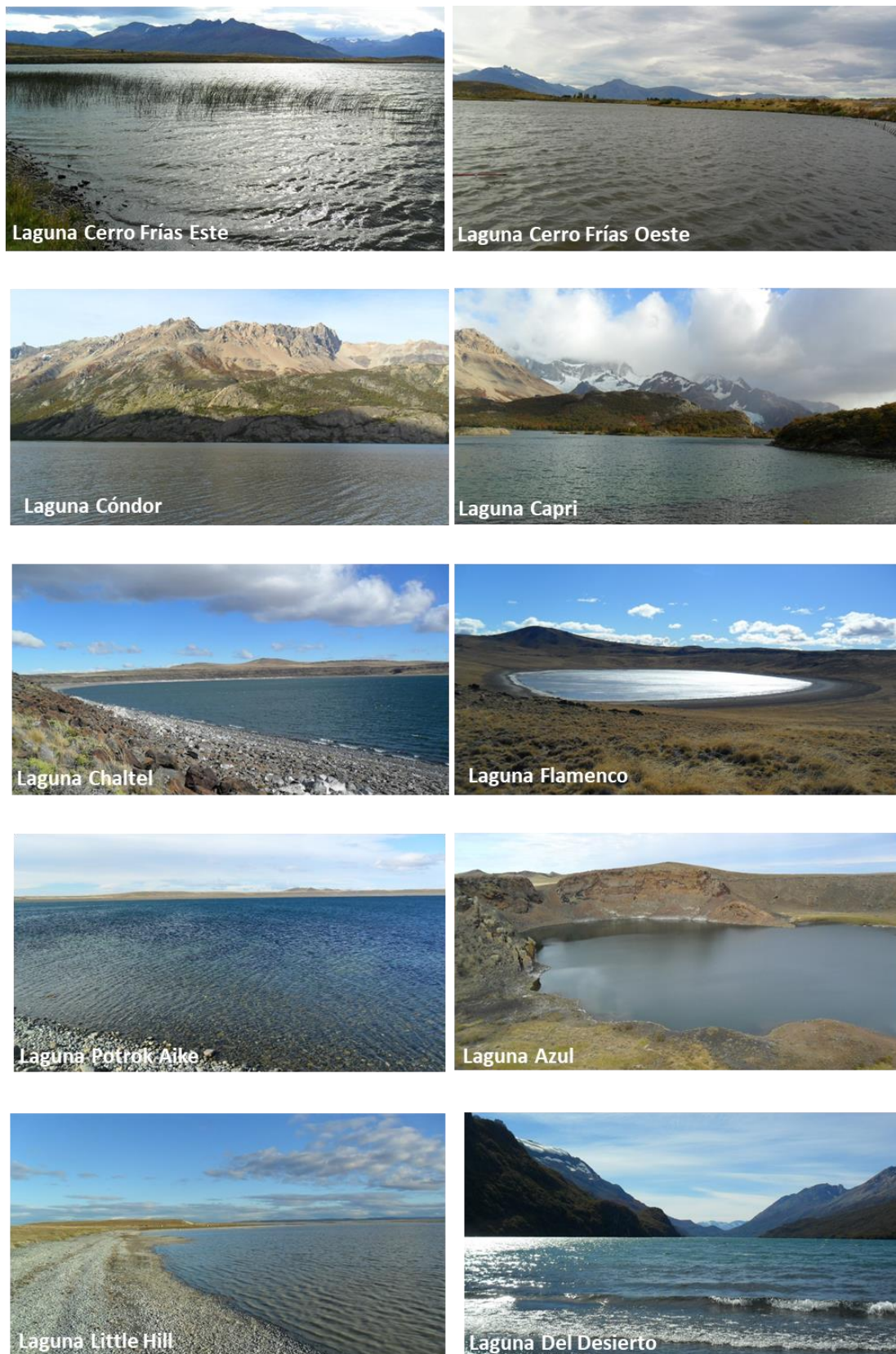


Fig. 3. Fotos de algunas de las lagunas estudiadas. Fotos cedidas por la Dra. Ramón Mercáu y Christoph Mayr.



Fig. 4. Fotos de alguna de las lagunas estudiadas . Fotos cedidas por la Dra. Ramón Mercáu y Christoph Mayr.

7.1.1 Análisis de las diatomeas

Una alícuota de cada una de las muestras de sedimentos superficiales fue colocada en una minicubeta de papel de aluminio y secada sobre una placa calefactora a 80°C para poder obtener el peso seco. Posteriormente fueron procesadas, siguiendo métodos estándar para el estudio de diatomeas que incluye la oxidación de toda la materia orgánica con H₂O₂ (Battarbee, 1986), calentándolas en un horno de microondas por 2 minutos. Luego, las muestras fueron lavadas repetidas veces con agua destilada hasta obtener la neutralidad. De ser necesario, las muestras con alto contenido de arcillas fueron tratadas con 5 ml de pirofosfato de sodio (Na₄P₂O₇), calentadas en baño María por 20 minutos y luego centrifugadas, descartando el sobrenadante (Bates et al., 1978). Este procesamiento se repitió entre 3 a 6 veces para cada muestra dependiendo la cantidad de arcilla en cada una. A continuación, las muestras fueron llevadas a neutralidad mediante repetidos lavados con agua destilada.

Los preparados permanentes, confeccionados utilizando Naphrax® como medio de montaje, fueron observados utilizando un microscopio óptico binocular Polyvar Reichert-Jung, con contraste de fase interferencial y objetivos de inmersión Plan Apo 100x, NA 1.32. En cada preparado, se contó un mínimo de entre 350 y 400 valvas para estimar las abundancias relativas de los taxones en cada muestra (Battarbee, 1986).

Para la identificación taxonómica se utilizaron trabajos monográficos sudamericanos como los de Frenguelli (1923, 1924, 1942), Krasske (1949), Metzeltin & Lange-Bertalot (1998, 2007), Rumrich et al. (2000), Metzeltin et al. (2005) y, del Hemisferio Norte, como los de Hustedt (1930), Patrick & Reimer (1966, 1975), Krammer (1997a, 1997b, 2000, 2002) y Krammer & Lange-Bertalot (1986, 1988, 1991a, 1991b, 2004), entre otros, y artículos de revistas científicas reconocidas internacionalmente como *Diatom Research*, *Fottea*, *Journal of Phycology*, *Phycologia*, *Phytotaxa*, *Nova Hedwigia*, entre otras.

La clasificación de las diatomeas está en continuo cambio, por lo que tomar un único criterio sistemático para todos los taxones infragenéricos es bastante difícil. Se decidió seguir los criterios utilizados por Cox (2009, 2015), la base de datos online de <http://www.algaebase.org> y también se tuvieron en cuenta los últimos cambios publicados en las revistas antes mencionadas. La distribución geográfica en Argentina de los taxones fue consultada en Luchini & Verona (1972), Vouilloud (2003), entre otros.

Las micrografías de microscopio óptico (MO) fueron obtenidas con una cámara digital CANON EOS 600D. Para las observaciones con microscopio electrónico de barrido (MEB) se utilizó el equipo Carl Zeiss SUPRA40 (15kV) del Centro de Microscopías Avanzadas de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UBA). Todos los especímenes fotografiados se midieron utilizando el software Zeiss Axiovision 4.8.2. Las láminas fueron editadas utilizando Photoshop®.

7.1.2 Análisis estadísticos

El set de calibración se construyó utilizando las abundancias relativas de las especies de diatomeas identificadas en las muestras de sedimentos superficiales y las variables ambientales obtenidas en 26 lagos de sur de la provincia de Santa Cruz, ubicados entre los 47° y 52° S y la base de datos ya existente (Echazú, 2012, Fig 5, Tabla 2b). Esta última está compuesta por las abundancias relativas de las diatomeas y los valores de algunas variables ambientales de 29 lagos del sur de la provincia (entre los 49° y 52°S). Los ocho sitios que quedaron representados con más de una muestra de sedimento superficial (porque se los visitó más de una vez en diferentes campañas) fueron considerados como datos independientes.

Para la descripción de la estructura de los ensambles en cada sitio consideramos las categorías de abundancias relativas: especie dominante (>20%), subdominante (5-19,9%), rara (1-4,9%) y muy rara (0,1-0,9%). Para construir la matriz de datos sobre la cual se trabajó, se eligieron las especies dominantes y/o subdominantes en al menos dos sitios. Este criterio se utilizó con el fin de reducir sesgos en los resultados debidos a gran cantidad de ceros en la matriz (taxones raros) (Whiting y McIntire, 1985). Para estabilizar la varianza entre las especies, las frecuencias relativas fueron transformadas aplicando el método de Hellinger (Legendre & Gallagher, 2001), recomendado para cuando el set de datos contiene muchos ceros.

Las variables ambientales fueron estandarizadas debido a sus diferentes unidades. La conductividad fue transformada mediante el logaritmo, ya que se observó un *outlier* (55.800 $\mu\text{S}/\text{cm}$, en la laguna Flamenco). La correlación entre las variables ambientales se analizó mediante el paquete *GGally* (Schloerke, 2014) del Software R (Versión 3.4.3, R Core Team, 2017).

Para explorar las relaciones entre los ensambles de diatomeas y las variables ambientales se recurrió a análisis estadísticos multivariados realizados con el paquete *vegan* (Oksanen et al., 2018) del software R® (Versión 3.4.3, R Core Team, 2017).

Se realizó un análisis de componentes principales (PCA) para explorar las relaciones entre los sitios y las variables ambientales de los dos conjuntos de datos (26 muestras x 23 variables [especies] y 55 muestras x 36 variables [especies]).

Los datos biológicos pueden tener una relación lineal o unimodal con los parámetros ambientales y, dependiendo de esta relación, se podrán aplicar diferentes técnicas de regresión. Con el fin de determinar cuál era esta relación en esta base de datos, se determinó la longitud del gradiente cubierto por los ensambles de diatomeas en las muestras consideradas mediante un análisis de correspondencia destendenciado (DCA). La longitud del gradiente está dada por el mayor valor obtenido para los sitios a lo largo del primer eje del DCA, medido en desviaciones estándar (SD), si el gradiente es > 2 SD indica que los datos se comportan en forma unimodal, mientras que si es menor, lo harían de forma lineal (Legendre & Legendre, 1998). En este caso, la longitud de gradiente fue de 4,34 SD (matriz de 26 muestras y 23 especies) y 4,83 SD (matriz de 55 muestras x 36 especies).

Consecuentemente, se eligió un método unimodal de ordenación, como lo es el análisis de correspondencia canónica (CCA), para poder ver la relación entre las especies, sitios muestrados y variables ambientales. Este análisis también se realizó para los dos conjuntos de datos mencionados en el párrafo anterior. Luego, se realizó una serie de CCA individuales para cada variable (utilizando la matriz de 55 muestras x 36 variables [especies]), con el objetivo de cuantificar el poder explicativo de cada una de ellas en el set de datos, evaluando la relación del *eigenvalue* del primer eje restringido del CCA (λ_1) sobre el *eigenvalue* del primer eje no restringido del CCA (λ_2 , Juggins, 2013).

En los diagramas de ordenación de los PCA y CCA calculados, las variables ambientales se simbolizaron con flechas y los códigos de los sitios y de las especies en negro y rojo, respectivamente (Figs 7, 8 y 9). Cada variable ambiental tiene sus valores máximos hacia donde apunta la flecha respectiva, cuya posición depende de los *eigenvalues* (valores propios) y de las correlaciones ambiente-especie de cada variable, mientras que su longitud está dada por el grado de variación en la distribución de las especies explicada por ese parámetro.

Los óptimos y el grado de tolerancia de las especies respecto a cada una de las variables consideradas fueron determinados aplicando un modelo de regresión *Weighted*

averaging (WA) con el programa “C2” (Juggins, 2003). Para cada taxón se calculó, además, el índice N2 de Hill (número de aplicaciones efectivas; Hill, 1973). Este índice provee una estimación del número de muestras que efectivamente contribuyen al cálculo del óptimo y tolerancia de cada especie.

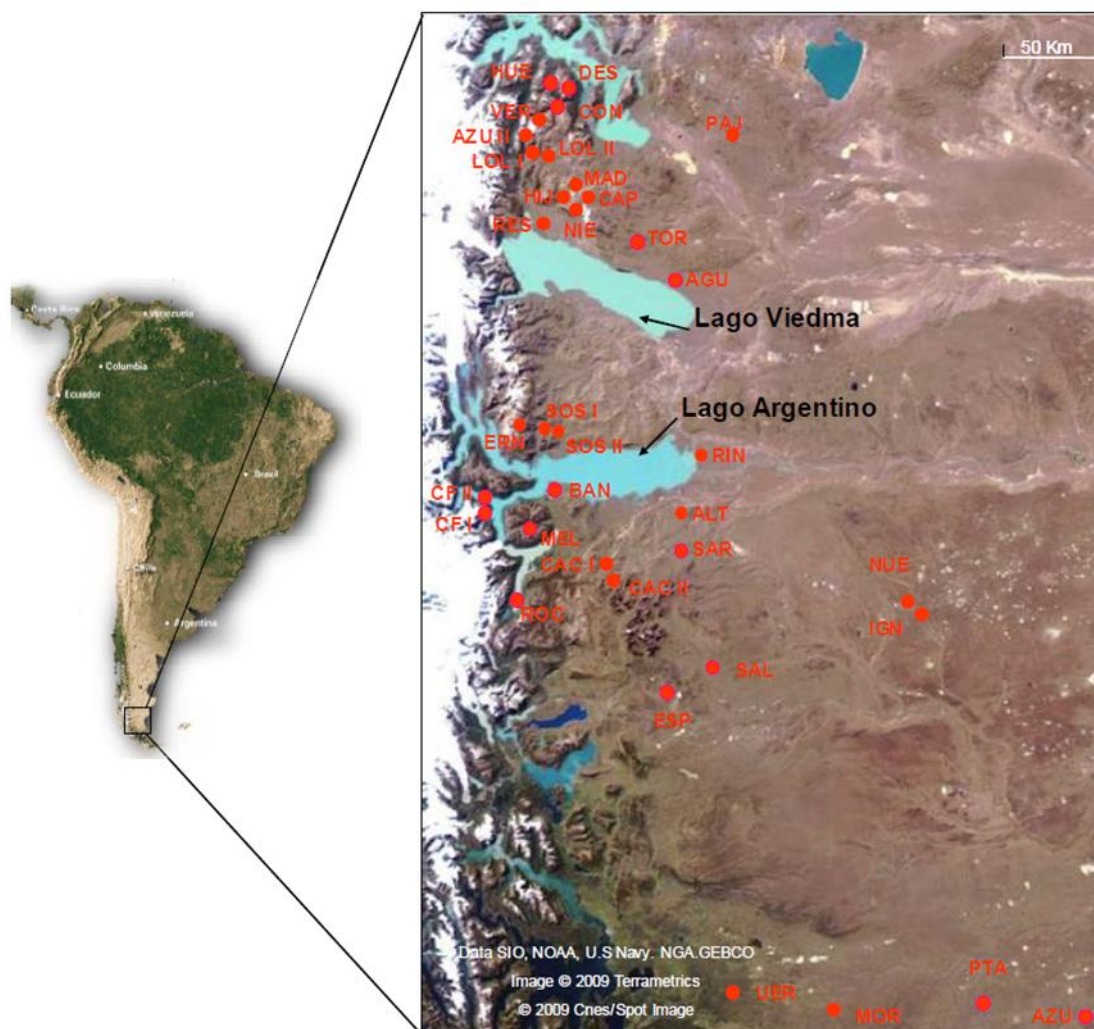


Fig. 5. Lagos y lagunas de la provincia de Santa Cruz consideradas en el trabajo de Echazú (2012).

Tabla 2b. Localización y los valores de algunas variables físicas y químicas de las lagunas estudiadas por Echazú (2012).

Código	Nombre	Latitud	Longitud	Altitud (m snm)	Cond (ms/cm)	Saturación de Oxígeno (%)	pH	T (°C)
CON09	Condor	49° 11' 15"	72° 53' 58"	588	37	55.3	6.6	14.5
VER10	Verde	49° 12' 34"	72° 58' 25"	469	18	82.2	8.1	6.2
AZUII10	Azul II	49° 12' 57"	72° 58' 32"	438	49	86.1	8.3	8.3
LOLI10	Las Lolas I	49° 13' 19"	72° 58' 00"	452	74	65	7.5	6.7
LOLII10	Las Lolas II	49° 13' 33"	72° 57' 54"	452	44	86.9	7	6.5
MAD10	Madre	49° 17' 25"	72° 56' 40"	713	77	75.6	7.3	3.7
HII10	Hijo	49° 18' 09"	72° 57' 08"	739	84	82.8	7.7	4.6
CAP10	Capri	49° 18' 13"	72° 55' 42"	747	50	79	8.8	3.3
NIE10	Nieta	49° 18' 30"	72° 57' 04"	742	85	83.3	7.9	4.7
TOR09	El Toro	49° 34' 52"	72° 21' 00"	244	474	60	8.1	18
AGU09	Agustín	49° 36' 50"	72° 10' 55"	236	528	65	8.2	20
ERN10	Ernesto	50° 10' 38"	72° 50' 00"	547	753	90.8	8.7	10.3
SOSI10	Sosiego I	50° 10' 49"	72° 46' 03"	556	345	82.5	8.7	9.6
SOSII10	Sosiego II	50° 11' 05"	72° 45' 45"	547	422	102.8	9.4	10.3
RIN10	Rincón	50° 13' 38"	71° 45' 43"	527	47	94.3	6.9	8.3
CFII09	Cerro Frías II	50° 19' 07"	72° 47' 32"	559	239	115.5	6.7	27.5
CFI09	Cerro Frías I	50° 19' 10"	72° 47' 45"	588	404	97.5	7.8	13.5
ALT10	Alta	50° 25' 31"	71° 51' 52"	537	301	59	7.7	7.7
MEL09	Mellizas	50° 26' 28"	72° 37' 34"	210	308	100	8.1	22
SAR09	Sarmiento	50° 28' 30"	71° 47' 41"	624	377	87.5	7.1	9.7
CACI10	Cachorro I	50° 28' 58"	72° 26' 46"	527	171	98.8	9.9	7.5
CACII10	Cachorro II	50° 29' 34"	72° 27' 43"	526	143	89.5	9.2	7.1
ROC09	Roca	50° 31' 29"	72° 47' 43"	301	84	118	7.2	16.4
ESP09	Esperanza	51° 12' 04"	72° 05' 04"	435	180	91	7.8	10.4
PTA09	Potrok Aike	51° 37' 27"	69° 13' 24"	16	3110	62.6	8.4	11.5
UER11	Huergo	51° 44' 44"	72° 04' 54"	157	1315	s/d	8.6	8.2
MOR11	Morro	51° 55' 23"	71° 21' 34"	131	1886	s/d	8.2	6.7
AZU09	Azul	52° 04' 29"	69° 34' 52"	17	441	85	8.3	15.2

7.2 Secuencias sedimentarias

Las lagunas elegidas para recuperar secuencias sedimentarias son comparables en tamaño y morfometría y están ubicadas en los extremos de un gradiente de humedad Oeste-Este (Fig 6).

La laguna Verde (49°12'49.2"S 72°58'72.9"O) está más cercana a los Andes, a 539 m snm, en el bosque denso de *Nothofagus pumilio*, rodeada de montañas con marcadas pendientes al oeste y con un pequeño afluente en superficie. La laguna tiene un área de 0,029 km² y una profundidad máxima de 5,8 m. En su zona litoral se desarrolla el junco lacustre *Schoenoplectus* sp. y en el interior crecen otras macrófitas acuáticas como *Potamogeton* sp. y musgos acuáticos. La estación meteorológica más cercana es la de la Estancia Huemules, la cual registró 930 mm de precipitación media anual en el periodo 2007-2016 (datos inéditos).

La Laguna Gemelas Este (49°23'49.3"S 72°54'72.8"O) está a 550 m snm, ubicada justo por encima de la línea de árboles más bajos, en la zona de econoto entre el bosque de *Nothofagus pumilio* y la estepa. No posee afluentes en superficie. La laguna tiene un área de 0,04 km² y una profundidad máxima de 5.2 m. Dentro de la laguna crecen algunas macrófitas acuáticas, como musgos, *Isoetes* sp y *Myriophyllum* sp. La estación meteorológica más cercana, la del río de las Vueltas, registró 305 mm de precipitación media anual (1993-2016, datos inéditos).

Las secuencias sedimentarias estudiadas se obtuvieron del centro de cada cuerpo de agua. El de la laguna Gemela Este (GEM15-2, 77 cm de longitud) se extrajo en la campaña de 2015 y el de la laguna Verde (VER17-1, 84 cm de longitud), en la campaña 2017. En esta última campaña, se extrajo un segundo testigo de Gemelas (GEM17-1, de 37 cm de longitud) sobre el cual se realizaron las dataciones de ²¹⁰Pb y ¹³⁷Cs que utilizamos en esta tesis. Los testigos se obtuvieron con un muestreador de percusión (Aquatic Research Instruments, USA), fueron sellados *in situ* y enviados a Alemania, donde se guardaron en frío y oscuridad hasta su apertura en el Institut für Geographie (GEOPOLAR) de la Universität Bremen (Bremen, Alemania). Luego de seccionarlos longitudinalmente, una mitad se destinó al análisis de composición de elementos mayores y traza mediante fluorescencia de rayos X (XRF, Cox Analytical Systems; Croudace et al., 2006). Esta técnica permite observar a una alta resolución los cambios ocurridos en el tiempo que abarque el testigo en estudio. La otra mitad de cada testigo se submuestreó cada 1 cm.

7.2.1 Geocronología

Se realizaron dataciones de las siguientes muestras:

- a) GEM15-2, se realizaron 2 dataciones radiocarbónicas, en el laboratorio DirectAMS (USA), por la técnica AMS ^{14}C , a los 49 cm y los 75 cm.

Además se cuenta con dataciones realizadas por Mayr et al. (2018):

- a) VER17-1, se realizaron 20 dataciones radimétricas por el método de ^{210}Pb y ^{137}Cs , en los laboratorios ETHZ (Zurich, Suiza) y EAWAG (Dübendorf, Suiza)
- b) GEM17-1, se realizaron 20 dataciones de ^{210}Pb y ^{137}Cs , en los laboratorios ETHZ (Zurich, Suiza) y EAWAG (Dübendorf, Suiza)

A lo largo de las secuencias sedimentarias, Mayr et al. (2018) observaron en VER17-1 y GEM17-1 capas de tefras de las cuales, las últimas 4 más recientes, fueron caracterizadas, mediante su contenido de K_2O vs SiO_2 , en el Research Laboratory for Archaeology and the History of Art (Oxford, UK). En el testigo GEM15-2 observé estas mismas 4 tefras que las observadas por Mayr et al. (2018) y otras dos tefras más antiguas a las que no se le pudo asignar ninguna erupción volcánica registrada históricamente (GT5 y GT6). Las edades de las erupciones a las cuales fueron asignadas luego de su análisis están expresadas en años calendario (AC)

Los fechados radiocarbónicos obtenidos para GEM15-2 fueron calibrados empleando la base de datos SHCAL13 (Hogg et al, 2013) y el software CALIB Rev 7.0.4 (Stuiver et al., 2018), estas edades están expresadas en cal AP (años calibrados antes del presente). Se desarrolló para cada secuencia sedimentaria un modelo de edad-profundidad por regresión de las edades de las erupciones volcánicas a las que se asignaron cada una de las tefras en Mayr et al. (2018), mediante el paquete *clam* (Blaauw, 2010) del Software R (Versión 3.4.3, R Core Team, 2017).

7.2.2 Proxies geoquímicos

Los análisis de isótopos estables (C y N) del testigo VER17-1 fueron realizados por el Dr. Andreas Lücke en el Institut für Bio- und Geowissenschaften (Jülich, Alemania). Los análisis de isótopos estables de C y N de GEM15-2 los hice durante 2016, en el marco de una beca otorgada por el Servicio Alemán de Intercambio Académico (DAAD, sus siglas en alemán), bajo la dirección del Dr. Christoph Mayr, en el Institut für

Geographie de la Friedrich-Alexander Universität Erlangen- Nürnberg (Erlangen, Alemania). Para el análisis de isótopos de Carbono orgánico ($\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$) y Nitrógeno ($\delta^{15}\text{N}$), las muestras fueron criodisecadas, tamizadas y se utilizó la fracción fina ($<250\mu\text{m}$) para el análisis. Las muestras para isótopos de Carbono orgánico se pretrataron con ácido clorhídrico para remover carbonatos (Mayr et al., 2005). Se determinaron las relaciones entre isótopos, contenido total de Carbono orgánico (TOC) y el contenido total de Nitrógeno (TN) mediante un espectrómetro de masa de flujo continuo DeltaV Advantage (Thermo, USA) acoplado a un analizador elemental (NC2500, Carlo Erba, Italy).

Los gráficos de esta sección fueron realizados con PanPlot2 V14.5 (Sieger et al., 2013).

7.2.3 Análisis de diatomeas

Para el procesamiento de las 77 submuestras de GEM15-2 y las 84 submuestras de VER17-1 se siguió la misma metodología que la descrita para las muestras de sedimentos superficiales en la sección 6.1.1.

7.2.4 Análisis estadísticos

Las secuencias sedimentarias analizadas se dividieron en biozonas determinadas mediante el análisis de agrupamiento CONISS (de sus siglas en inglés, *Stratigraphically Constrained Incremental Sum of Squares*, Grimm, 1987), con el software Tilia (Grimm, 1990), este es un método de partición de la secuencia sedimentaria mediante la distancia euclidiana cuadrada (Birks & Gordon, 1985) de las abundancias específicas expresadas como porcentaje. El software Tilia también se utilizó para realizar los perfiles bioestratigráficos de diatomeas. El número mínimo de biozonas estadísticamente significativas fue evaluado usando el modelo de vara partida (*Broken-stick model*, Bennett, 1996), mediante la función “bstick” del paquete *rioja* (Juggins, 2017) del Software R (Versión 3.4.3, R Core Team, 2017).

Mediante el software C2 (Juggins, 2003) y el modelo WA ya calculado previamente para el set de calibración se aplicó la FT para conductividad a las dos secuencias sedimentarias.

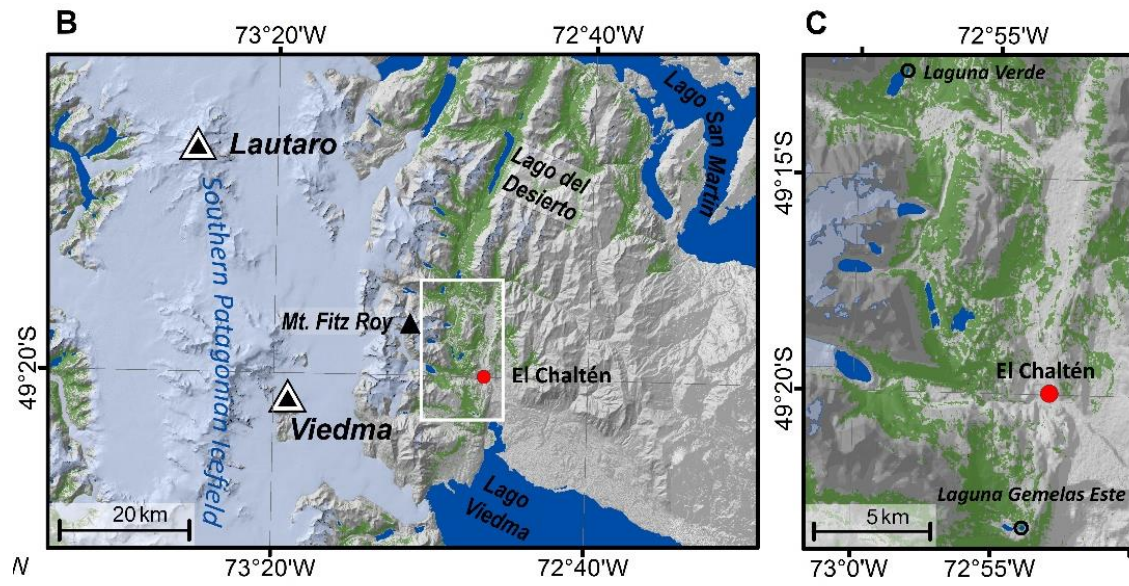


Fig. 6. Ubicación de las lagunas Verde y Gemelas Este, de donde fueron recuperadas las secuencias sedimentarias (tomado de Mayr et al., 2018).

8. Resultados

8.1 Base de datos actual – Muestras de sedimentos superficiales

8.1.1 Biodiversidad en lagos y lagunas

En las muestras analizadas encontré 74 géneros con 215 taxones infragenéricos (Anexo I, Tabla 3 y Tabla 13; Anexo II, Figs 1-364). Veinticuatro taxones (10 %) no pudieron ser asignados a ninguna especie conocida y 26 (11%) fueron identificados como afines a una especie ya descrita, muchos de ellos pertenecientes a los géneros *Staurosira* Williams & Round, *Staurosirella* Williams & Round, *Punctastriata* Williams & Round y *Pseudostaurosira* Williams & Round, principalmente, a los que comúnmente se denominan “pequeñas fragilarioides”.

La riqueza específica en las muestras de sedimentos superficiales de los cuerpos de agua bajo estudio fue mínima en la laguna Pedregosa (5 especies) y máxima en la laguna Cóndor (44 especies), siendo la media de 24 especies.

La mayoría de los taxones son bentónicos y/o epifíticos (40%) pero hay algunos planctónicos (5%) como las especies de *Asterionella* Hassall, *Chaetoceros* Ehrenberg, *Cyclotella* (Kützing) Brébisson, *Cyclostephanos* Round, *Discostella* V.Houk & R.Klee, *Spicaticribra* J.R.Johansen, Kociolek & R.Lowe, *Stephanodiscus* Ehrenberg y *Urosolenia* Round & R.M.Crawford o ticoplanctónicos (8,5%) como las especies de *Achnantheidium* Kützing, *Aulacoseira* Thwaites, *Fragilaria* Lyngbye, *Ulnaria* (Kützing) Compère. La Familia Fragilariaceae fue la mejor representada en cuanto al número de especies (57), 45 son del grupo de las antes mencionadas “pequeñas fragilarioides”. Los géneros que concentraron el mayor número de especies fueron *Staurosirella* Williams & Round (22), *Pinnularia* Eherenberg (16), *Gomphonema* Eherenberg (15), *Nitzschia* Hassall (14), *Staurosira* Williams & Round (14), *Achnantheidium* Kützing (13) y *Navicula* Bory (13). Veintiséis taxones son nuevos registros para Santa Cruz y/o Argentina (Tabla 3, Anexo I).

En cuanto a la distribución geográfica, encontré 64 taxones infragenéricos conocidos como cosmopolitas; otros siete son considerados como endémicos del Hemisferio sur (*Chamaepinnularia antarctica* Van de Vijver, Kopalová, Zidarova & E.J.Cox, *Luticola austroatlantica* Van de Vijver, Kopalová, S.A.Spaulding & Esposito, *Muelleria undulatoidea* Van de Vijver, Zidarova & Kopalová, *Stauroneis acidojarensis*

Zidarova, Kopalová & Van de Vijver, *Stauroneis nebulosa* (Krasske) Lange-Bertalot, *Stauroneis subaustralis* Van de Vijver & Lange-Bertalot y *Veigaludwigia urbana* (Krasske) Lange-Bertalot & U.Rumrich); seis taxones son endémicos de Sudamérica (*Cymbella grvida* Recasens & N.Maidana, *Cymboppleura tsoneka* Lange-Bertalot, Krammer & Rumrich, *Diploneis chilensis* (Hustedt) Lange-Bertalot, *Gomphonema patagonicum* Krasske, *Nitzschia andicola* Lange-Bertalot & Rumrich y *Spicaticribra patagonica* (N.Maidana) Kociolek & Khursevich) y otros cinco son probablemente endémicos de Patagonia (*Arcanodiscus plattii* N.Maidana & E.Morales, *Cyclostephanos patagonicus* J.M.Guerrero & R.O.Echenique, *Cyclostephanos salsae* N.Maidana & G.A.Aponte, *Muelleria patagonica* (Müller) Frenguelli y *Staurosira magallanesica* M.L.Garcia, N.Maidana, Ector & E.Morales).

Como resultado de estudios taxonómicos detallados, durante este estudio describí algunas especies nuevas como *Staurosira magallanesica* García, Maidana, Ector & Morales (Anexo II, Figs. 266 y 357, García et al., 2017), *Aulacoseira* sp. 1 (Anexo II, Figs. 4-6 y 281), *Aulacoseira* sp. 2 (Anexo II, Figs. 7-9 y 282), *Staurosirella* sp. 6 (Anexo II, Figs. 272-273 y 362, Guerrero et al., 2018) y *Sellaphora* sp. 1 (Anexo II, Figs. 202-203 y 342-343) y enmendé la descripción de *Cocconeis neuquina* Frenguelli (Anexo II, Figs. 65-66 y 319-320, García et al., 2018). La descripción como nuevas especies de *Aulacoseira* sp. 1, *Aulacoseira* sp. 2 y *Sellaphora* sp. 1 está en preparación, en coautoría con distintos especialistas.

Noventa y cinco taxones (43% del total) fueron hallados una sola vez en un único cuerpo de agua mientras que entre las especies comunes a más de un sitio, las de mayor frecuencia fueron *Cocconeis* aff. *euglypta* Ehrenberg (16 sitios), *Amphora copulata* (Kützing) Schoeman & R.E.M.Archibald (12 sitios), *Cavinula pseudocutiformis* (Hustedt) D.G.Mann & A.J.Stickle (12 sitios), y *Karayevia clevei* (Grunow) Round (12 sitios) y *Discostella stelligera* (Cleve & Grunow) Houk & Klee (10 sitios).

En la mayoría de los sitios estudiados, los ensambles dominantes estuvieron conformados por varias especies, entre las dominantes y las subdominantes (abundancias relativas mayores al 20%). En dos de las lagunas analizadas, Cerro Frías Este y Verde, dominó una sola especie (*Cyclotella ocellata* Pantocsek y *Aulacoseira* sp. 1, respectivamente), con más del 50% de abundancia relativa en ambos casos.

Los ensambles dominantes en cada sitio, compuestos por los taxones con abundancias relativas superiores al 5%, figuran en la Tabla 4.

Tabla 4. Composición de los ensambles dominantes (abundancia relativa $\geq 5\%$) en cada uno de los lagos y lagunas estudiadas. Los códigos las especies están detallados en la Tabla 3 del Anexo I.

Huergo AMPED 42,2 PEQFRA 34,1 COCNEU 6,1	Little Hill PEQFRA 67,6 STAURMAG 17,3 STAUROLEP 6,6	Potrok Aike PLANDEL 33,2 PLANMIN 23,1 COCEUG 12,6 NITSOR 5,4	Cóndor PSASUB 15,0 CAVCOC 14,6 CAVPSE 14,6 SKAPER 6,4 PSABIR 5,6	Desierto NUPSP 22,4 COCNEU 20,6 PSASUB 20,1 PLANAUE 8,8 CAVCOC 6,8
Flamenco PSETEN 36,0 CHAMUE 18,0 SPIPAT 16,2 PINBRE 5,1	Cerro Frías Oeste DIATEN 29,3 STEHAN 26,4 ASTFOR 21,4 STEPAR 14,6	Cerro Frías Este CYCOCE 50,0 DISSTE 7,9 PEQFRA 7,6 KARCLE 7,0 FRACRO 5,3	Capri ACHMAC 15,7 ACHNSP6 13,9 DIABAL 10,0 PLANAUE 9,5 ACHNSP14 8,1 NAVCAP 7,0 PSASUB 5,0	Chaltel CYCSAL 35,2 COCEUG 18,3 SPIPAT 12,8 GOMPPUM 9,7 CYCPAT 8,1 EPIADN 6,7
Lilean SELSP2 42,6 PEQFRA 28,8 AULLAE 7,0	Toro STAUVRN 16,8 PEQFRA 16,2 STAURMAG 15,0 NITVER 14,0 NITGAN 5,7	Azul PEQFRA 38,5 STAURSP1 35,9 PSEUSOP 11,8	Capri 2 ACHMAC 23,6 PSAABU 11,0 ENCMIC 9,0 NITFRU 7,5 ACHMIN 7,3 PSASUB 5,7	Verde AULSP1 59,6 AULSP2 34,0 De la pesca PEQFRA 76,0
Gemelas Oeste PSASUB 40,3 EUNVAN 20,8 ACHMOD 16,9	Gemelas Este PSASUB 41,1 SELSP2 22,5 AULSP1 11,7 PSADID 11,0 PEQFRA 6,8	Polo PLANFRE 26,9 PEQFRA 21,9 PLANROS 14,5 KARCLE 7,9 PSASUB 7,4 AMPED 6,1	9 de Julio FRAAMP 11,5 FRASP3 11,5 COCEUG 10,5 NITPUS 10,5 NAVCRYT 10,3 GOMSP11 9,8 NITPAL 6,4 GOMGRA 5,4	Soñada PEQFRA 38,2 GOMGRA 10,4 DISSTE 10,2 COCEUG 5,8
Chapu 1 PEQFRA 23,4 COCEUG 17,8 NITPALE 9,2 FRASP3 8,7 HALVEN 8,7 GOMSP11 6,6	Pedregosa PEQFRA 98,9	E25 PEQFRA 50,1 SELSP4 19,2 SELSP2 9,1 SKAPER 8,6 COCNEU 5,6	Cervejero 1 GOMSP11 19,1 NITPALE 14,6 NAVCRYT 11,8 NITPUS 9,2 COCEUG 9,0 FRAAMP 7,5	Gaviotero PEQFRA 59,1 PLANFRE 16,1 STAURSP17 6,0

8.1.2 Set de calibración

La mayoría de los sitios analizados son ambientes someros (profundidad alrededor de 5 m) pero también se estudiaron muestras de lagos y lagunas más profundos como el Lago del Desierto y las lagunas Azul y Potrok Aike. El gradiente de pH que representan estos cuerpos de agua es de 7,2 a 10, el de conductividad es de 19 a 3010 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (55.900 $\mu\text{S}/\text{cm}$, *outlier*), el de saturación de oxígeno es de 23 a 575% y el de temperatura es de 6,6 a 18°C (Fig 7a, Tabla 2).

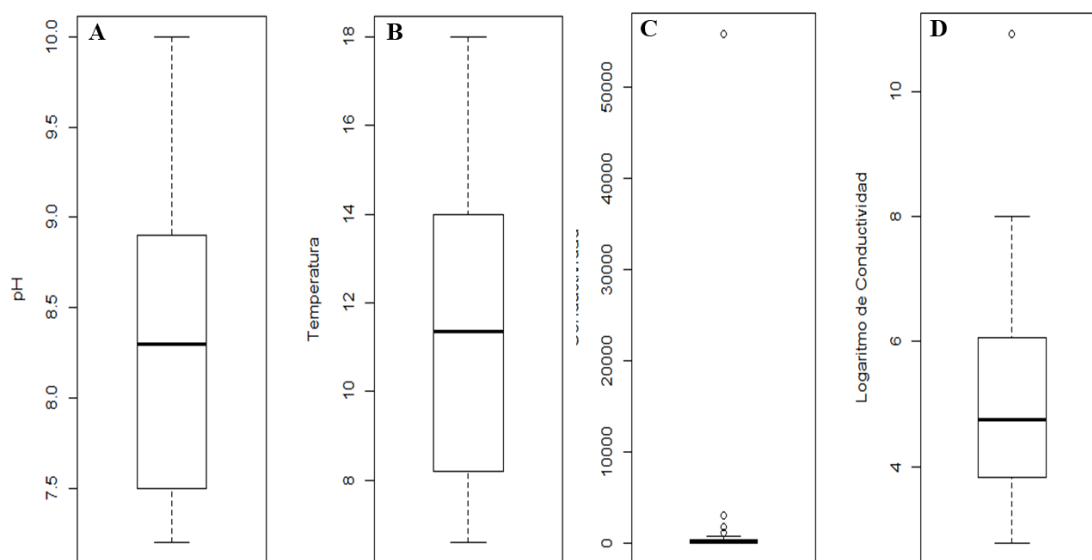


Fig. 7a. Rangos y medias de los diferentes parámetros ambientales considerados: a) pH, b) temperatura y c) conductividad, d) logaritmo de la conductividad

Utilizando la base de datos que construí al analizar los ensambles de diatomeas en los sedimentos superficiales de los 26 sitios muestreados (Tabla 2a y b, variables ambientales medidas y las especies $\geq 5\%$ en al menos dos sitios), analicé primero cómo era la relación entre los parámetros ambientales medidos y de los cuales había datos para todos los sitios (conductividad, temperatura y pH) mediante la función *GGpairs* del paquete *GGplot* del Software R. La conductividad y el pH fueron las únicas variables consideradas que se correlacionaron significativa y positivamente ($r^2=0,628$, $p < 0,05$).

El Análisis de Componentes Principales (PCA) de las variables ambientales que hice para evaluar la importancia de cada variable (Fig 7b), mostró que el primer eje era explicado por un gradiente de conductividad y pH mientras que la temperatura era la que explicaba el segundo. Estos dos primeros ejes capturaron el 97% del total de la varianza

para esta la matriz de datos de 26 muestras x 23 especies, mientras que el 88% del total de la varianza fue capturado por los dos primeros ejes para la matriz de datos en conjunto con los de Echazú (Tabla 5). Se puede observar, en líneas generales una agrupación de los sitios más cercanos a la cordillera (por ejemplo, Verde, Gemelas Este y Oeste, Capri, etc.) indicados en el gráfico como “andinos” y otro grupo, formado por los sitios ubicados en la estepa patagónica, señalados como “de estepa” (e.g: Potrok Aike, Azul, Chaltel, etc.). En la figura 6 se observa una clara separación de la laguna Flamenco (sitio 13-63), con elevadísima conductividad ($55.900 \mu\text{S cm}^{-1}$).

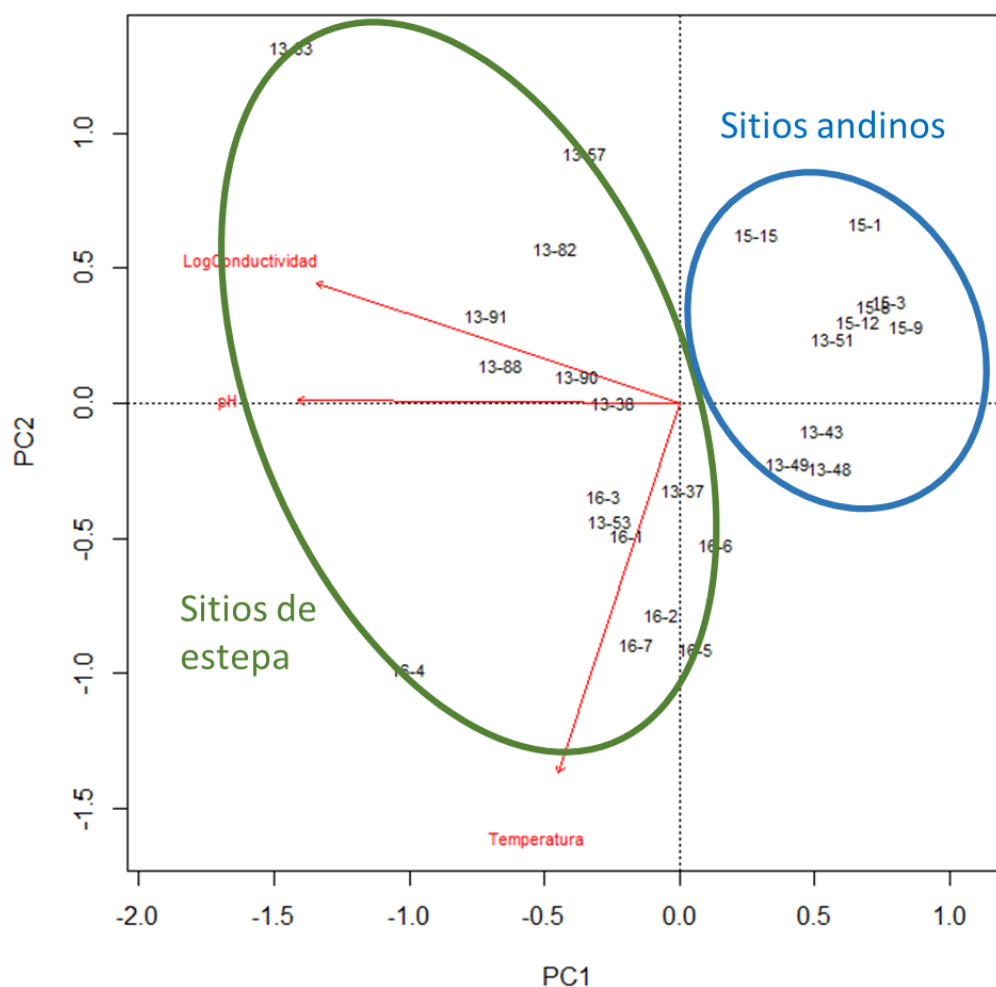


Fig. 7b. PCA de los sitios muestreados (los códigos están detallados en la Tabla 2a) y variables ambientales (flechas). LogConductividad: logaritmo de la conductividad.

Tabla 5. Resultados de los PCA realizados con los dos conjuntos de datos.

PCA – 26 muestras			
	PC1	PC2	PC3
Eigenvalues	1,9247	0,9960	0,07929
Proporción explicada por las variables ambientales	0,6416	0,3320	0,02643
Proporción acumulada	0,6416	0,9736	1
Scores para las variables ambientales			
Ph	-1,6649	0,01012	0,3387
Temperatura	-0,5268	-1,61204	-0,1029
Conductividad	-1,5833	0,52571	-0,3219
PCA – 55 muestras			
Eigenvalues	1,6340	1,0255	0,3405
Proporción explicada por las variables ambientales	0,5447	0,3418	0,1135
Proporción acumulada	0,5447	0,8865	1
Scores para las variables ambientales			
Ph	1,8324	-0,4578	-0,8217
Temperatura	0,2548	2,0278	-0,2567
Conductividad	1,8734	0,1720	0,8387

También exploré las relaciones entre las abundancias relativas de las especies de diatomeas (con más del 5% en al menos 2 muestras) y las variables ambientales mencionadas, quedando una matriz de 26 muestras (sitios) x 23 variables (especies). Debo aclarar que, para los efectos este tipo de análisis, agrupé, en todos los DCA y CCA realizados en este trabajo, a los todos representantes de *Staurosira*, *Staurosirella*, *Pseudostaurosira* y *Punctastriata*, aun los que pudieron ser identificados a nivel de especie, en la categoría “Pequeñas fragilarioides”.

Al realizar el CCA de las especies en función de las variables ambientales previamente estandarizadas, y en el caso de la conductividad transformada con logaritmo (Fig 8), observé que sólo un 13 % de la variabilidad total de las especies era explicada por las variables ambientales consideradas. De este porcentaje, un 87% quedaba explicado por los primeros dos componentes canónicas (Tabla 6). La primera se relacionó más con la temperatura, y la segunda lo estuvo con el pH y la conductividad.

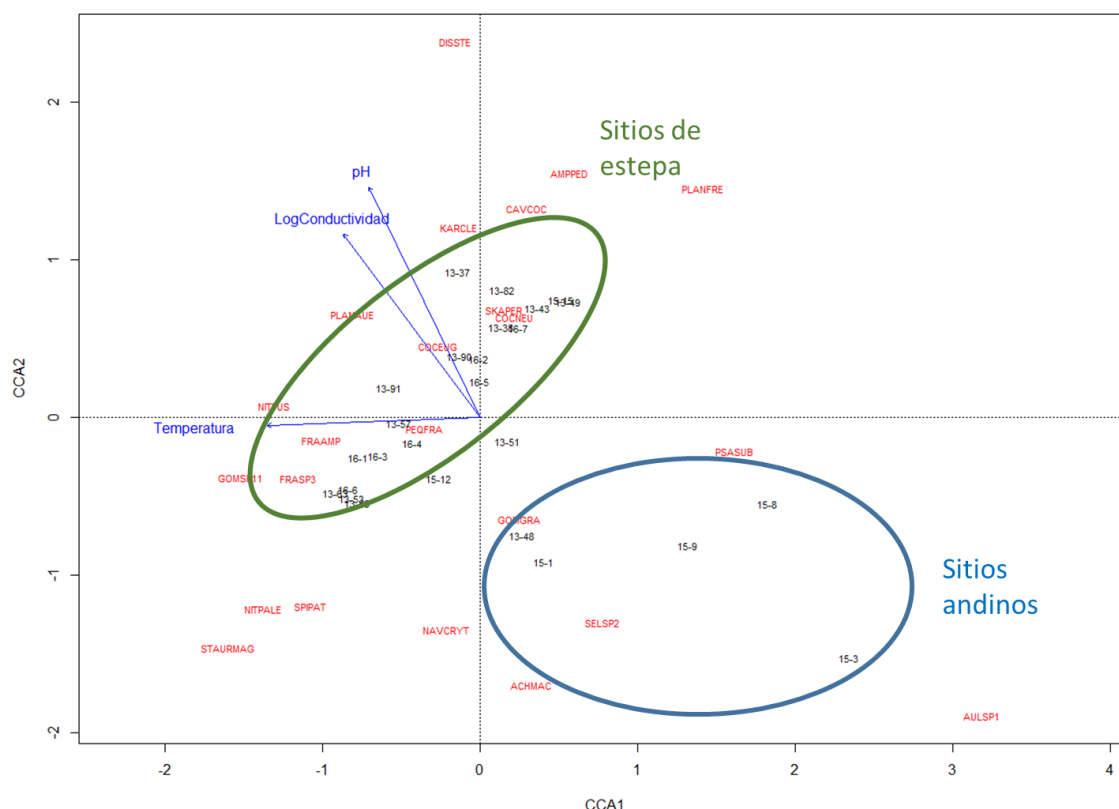


Fig. 8. CCA (datos de este estudio) considerando las variables ambientales (flechas), los sitios (en negro) y las especies de diatomeas (en rojo). Los códigos de sitios y especies están detallados en las Tablas 2 y 3, respectivamente. LogConductividad: logaritmo de la conductividad.

Tabla 6. Resultados de los CCA realizados con datos de los dos conjuntos de datos.

CCA – 26 muestras y 23 variables (especies)			
	CCA1	CCA2	CCA3
Eigenvalues	0,2864	0,1701	0,06325
Proporción explicada por las variables ambientales	0,5510	0,3273	0,122169
Proporción acumulada	0,5510	0,8783	1
Scores para las variables ambientales			
Ph	-0,3479	0,93706	0,0303
Temperatura	-0,6664	-0,03272	-0,7449
Conductividad	-0,4278	0,74561	0,5109
CCA – 55 muestras y 36 variables (especies)			
Eigenvalues	0,3869	0,1328	0,04733
Proporción explicada por las variables ambientales	0,6823	0,2342	0,08347
Proporción acumulada	0,6823	0,9165	1
Scores para las variables ambientales			
Ph	0,6353	-0,2628	-0,7261
Temperatura	0,4165	0,8773	0,2384
Conductividad	0,9462	-0,2916	0,1399

Posteriormente, unifiqué mi base de datos con la de Echazú (2012), obteniendo una matriz de datos de 55 muestras (sitios) y 36 variables (especies). Para esta nueva base de datos realicé otro CCA (Fig 9), del cual obtuve resultados similares a los del análisis anterior. Para este último set de datos, las variables ambientales explicaron también un 13% de la variabilidad total y de este porcentaje, el 91% fue explicado por los primeros dos ejes canónicos. El primero de ellos estuvo positivamente relacionado con la conductividad y el pH mientras que el segundo lo estuvo con la temperatura (Tabla 6).

En los gráficos de ambos CCA no se destacó un gradiente marcado de ninguna de las variables consideradas. Sin embargo, si se observaron algunas especies propias de los grupos previamente observados (sitios andinos y sitios de estepa). *Amphora pediculus*, *Cocconeis placentula*, *Nitzschia pusilla*, *Epithemia adnata*, *Spicaticriba patagónica* y *Halamphora veneta* quedaron ubicadas entre los sitios de estepa. En los sitios andinos se agruparon algunas especies reportadas para ambientes sub-antárticos (*Planothidium aueri*, *Psamothidium abundans*, *Achnanthidium macrocephalum*).

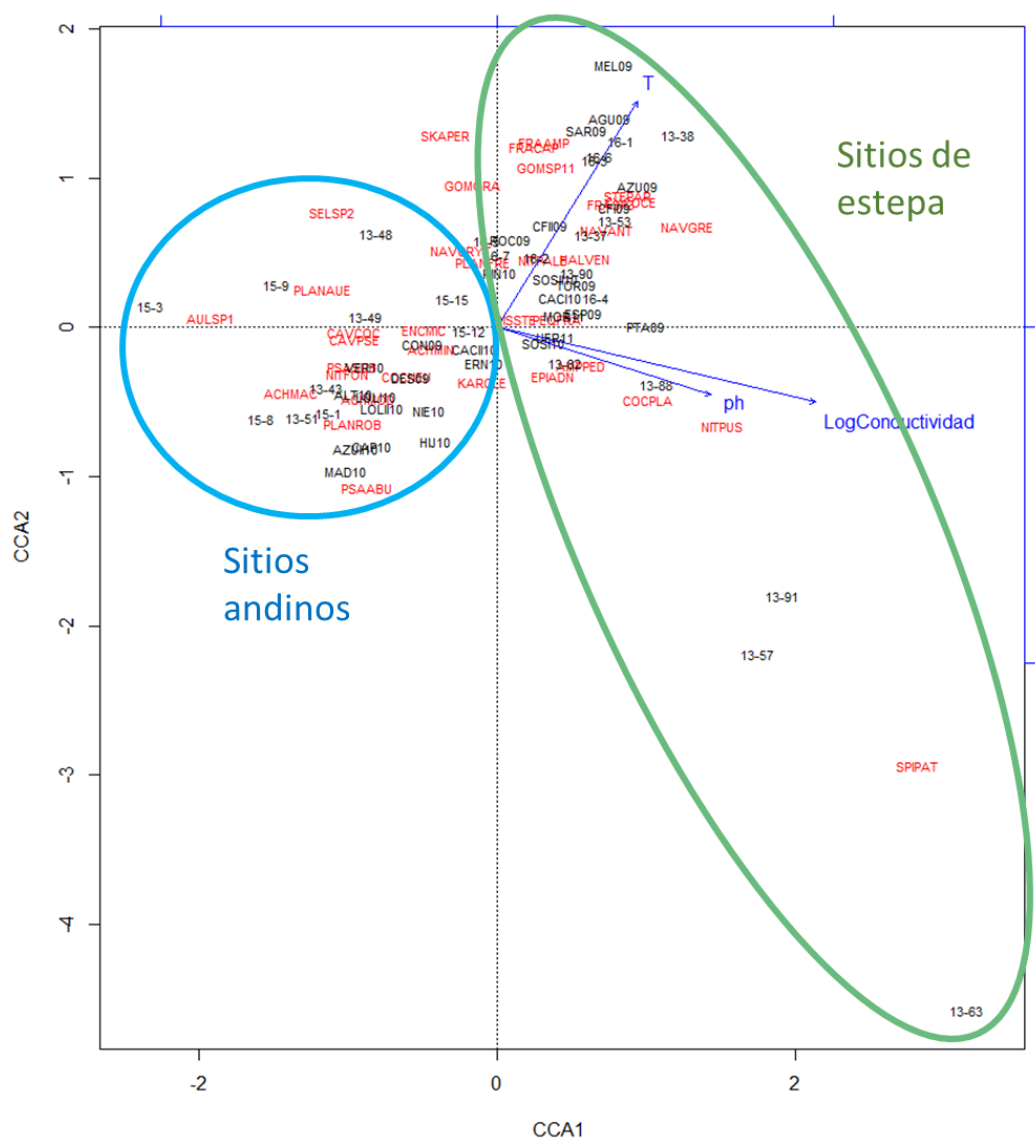


Fig. 9. CCA (datos de este estudio y Echazú 2012) considerando las variables ambientales (flechas), los sitios (en negro) y las especies de diatomeas (en rojo). Los códigos de sitios y especies están detallados en las Tablas 2 y 3, respectivamente.

Se realizaron CCA individuales para cada variable para evaluar la relación entre λ_1/λ_2 , donde λ_1 es el *eigenvalue* del primer eje restringido y λ_2 es el *eigenvalue* del primer eje no restringido. Los resultados fueron 0,3 para pH y para temperatura y 0,7 para conductividad (Tabla 7).

Tabla 7. Resumen de performances de las funciones de transferencia en base a diatomeas para el pH, la temperatura y la conductividad. RMSEP: error cuadrado medio de predicción.

	Incluyendo laguna Flamenco							Sin incluir laguna Flamenco						
	Modelo	r ²	RMSE	Des Max	Boot_r ²	RMSEP	Boot_Des Max	Modelo	r ²	RMSE	Des Max	Boot_r ²	RMSEP	Boot_Des Max
pH $\lambda_1/\lambda_2=0,3$	WA_inv	0,49	0,55	1.21	0,34	0,66	1.38	WA_inv	0,43	0,56	1.66	0,26	0,67	1.81
	WA_cla	0,49	0,79	1.03	0,36	0,84	1.36	WA_cla	0,43	0,84	1.39	0,28	0,90	1.74
	WAT_inv	0,53	0,53	1.24	0,37	0,66	1.37	WAT_inv	0,47	0,54	1.65	0,30	0,67	1.79
	WAT_cla	0,53	0,72	1.11	0,38	0,81	1.33	WAT_cla	0,47	0,78	1.41	0,33	0,86	1.73
T $\lambda_1/\lambda_2=0,3$	WA_inv	0,45	3,4	13.25	0,23	4,4	14.93	WA_inv	0,44	3,4	13.30	0,21	4,4	15.17
	WA_cla	0,45	5,0	9.38	0,25	5,9	13.38	WA_cla	0,44	5,2	9.42	0,23	6,0	13.95
	WAT_inv	0,43	3,5	14.67	0,24	4,4	14.99	WAT_inv	0,41	3,5	14.79	0,22	4,4	15.14
	WAT_cla	0,43	5,3	12.27	0,26	6,1	13.57	WAT_cla	0,41	5,5	12.50	0,24	6,2	14.02
Cond $\lambda_1/\lambda_2=0,7$	WA_inv	0,71	0,35	0.51	0,54	0,47	1.57	WA_inv	0,63	0,35	0.63	0,52	0,42	0.78
	WA_cla	0,71	0,41	0.37	0,56	0,51	1.10	WA_cla	0,63	0,44	0.51	0,53	0,49	0.56
	WAT_inv	0,78	0,31	0.58	0,60	0,46	1.56	WAT_inv	0,72	0,3	0.57	0,57	0,41	0.80
	WAT_cla	0,78	0,35	0.28	0,61	0,47	1.28	WAT_cla	0,72	0,35	0.33	0,57	0,45	0.67

Para determinar los óptimos de desarrollo y el rango de tolerancia de las especies (Tabla 8) frente a cada una de las variables consideradas apliqué un modelo de regresión WA (programa C2). En este caso se utilizó el conjunto de datos de 55 muestras (sitios) y 36 variables (especies). El modelo que obtuvo mejor rendimiento (mayor r^2 y menor error de predicción [RMSEP]) fue WAT_cla (*Weighted averaging model, tolerance downweighted, classical deshrinking*) para las tres variables, tanto incluyendo como sin incluir a la laguna Flamenco (Tabla 7, Fig 10 a, b y c). La conductividad tuvo el rendimiento más alto de las tres variables consideradas ($\text{bootstrapping } r^2=0,61$, RMSEP=0,47).

Algunos taxones pobremente representados en el set de calibración tuvieron valores bajos de N (número de apariciones) y de N2 (número de apariciones efectivas), por ejemplo *Aulacoseira* sp. 1 y *Sellaphora* sp. 2.

Las tolerancias de la mayoría de las especies fueron amplias e incluso se solaparon. Las especies que presentaron tolerancia más acotadas para el pH (Fig 11) fueron *Aulacoseira* sp. 1, *Achnanthidium macrocephalum*, *Planothidium aueri* y *Fragilaria* sp. 3; para la conductividad (Fig 12), *Sellaphora* sp. 2, *Skabitschewskia pergalloi* y *Stephanodiscus parvus* y para la temperatura (Fig 13), *Aulacoseira* sp. 1, *Fragilaria* sp. 3, *Fragilaria amphicephala*, *Gomphonema* sp. 11 y *Planothidium aueri*.

El resultado del rendimiento de los modelos al incluir y excluir la laguna Flamenco, fue similar pero fue evidente el efecto en las tolerancias de las especies (Figs. 11 y 12). En particular, para pH y conductividad, *Spicaticribra patagónica* siempre tuvo el valor de óptimo más elevado. Al incluir en el análisis a la laguna Flamenco se modificaron también, como era de esperar, los óptimos y tolerancias de *Cocconeis* aff. *euglypta* y *Nitzschia pusilla*.

Tabla 8. Óptimos y tolerancias de las especies consideradas en la base de datos combinada (este estudio y la de Echazú, 2012). N: número de apariciones, N2: número de apariciones efectivas. Los códigos de las especies están detallados en la Tabla 3.

Taxón	Conductividad (µS/cm)		pH		Temperatura (°C)		N	N2
	Óptimo	Tol.	Óptimo	Tol.	Óptimo	Tol.		
ACHMAC	45,98	820,45	7,43	0,03	7,63	1,68	4	2,09
ACHMIN	149,38	79,71	7,88	0,82	8,81	4,9	26	16,96
ACHMOD	113,23	75,99	7,84	0,6	7,66	2,64	23	10,85
AMPPE	648,47	173,37	8,54	0,51	10,21	4,04	22	5,11
AULSP1	19,85	820,45	7,41	0,08	7,87	0,27	3	1,47
CAVCOC	67,12	27,79	7,63	0,44	9,45	4,28	14	4,84
CAVPSE	108,98	103,62	7,48	0,59	10,22	3,53	23	8,35
COCNEU	189,45	134,23	7,87	0,55	8,66	4,21	18	7,33
COCPLA	2150,2	3266,22	8,57	0,55	11,09	3,77	29	10,98
CYCOCE	365,78	89,3	8,07	0,66	15,05	5,5	12	3,61
DISSTE	541,34	437,57	8,25	0,41	11,44	3,91	21	7,09
ENCMIC	196,28	104,47	7,67	0,76	9,97	5,18	23	13,6
EPIADN	551,92	337,1	8,4	0,95	9,46	4,83	21	8,47
FRAAMP	174,05	39,61	8,37	0,43	14	0,3	4	2,72
FRACAP	246,35	100,87	7,76	0,9	16,88	7,65	19	8,88
FRASP3	275,42	74,63	8,58	0,1	13,85	0,56	6	2,17
GOMGRA	138,79	54,87	8,36	0,53	13,39	2,8	9	4,52
GOMSP11	179,28	44,12	8,2	0,45	13,95	0,26	5	2,56
HALVEN	392,23	137,79	8,3	0,82	13,09	5,6	18	6,49
KARCLE	271,01	197,31	7,94	0,63	8,38	5,33	30	11,96
NAVANT	416,7	146,99	8,14	0,67	14,55	5,09	16	7,06
NAVCRYT	129,43	28,25	8,08	0,56	12,65	3,3	6	3,15
NAVGRE	1165,39	519,48	8,171	0,44	14,91	4,26	12	6,55
NITFON	75,06	32,26	7,38	0,41	7,64	2,49	13	3,98
NITPALE	266,05	115,3	7,56	0,79	12,21	5,15	25	6,14
NITPUS	8762,11	8402,3	8,58	0,83	12,65	3	7	3,48
PEQFRA	646,25	545,32	8,37	0,81	11,65	4,02	49	21,22
PLANAUE	45,6	820,45	7,47	0,03	10,02	1,36	2	1,99
PLANFRE	140,78	62,61	8,16	0,61	11,05	6,07	25	5,13
PLANROB	76,07	33,96	7,66	0,66	6,19	4,36	9	3,78
PSAABU	110,57	65,28	7,94	0,72	6,54	1,93	12	8,49
PSASUB	75,51	64,64	7,65	0,5	8,32	3,21	27	11,95
SELSP2	50,51	11,32	7,36	0,36	11,31	3,21	5	2,39
SKAPER	78,55	9,9	8,07	0,37	13,33	3,81	5	3,89
SPIPAT	27524,3	11532,02	9,43	0,68	7,51	1,9	4	2,58
STEPAR	339,41	26,74	8,36	0,35	14,47	4,14	5	3,94

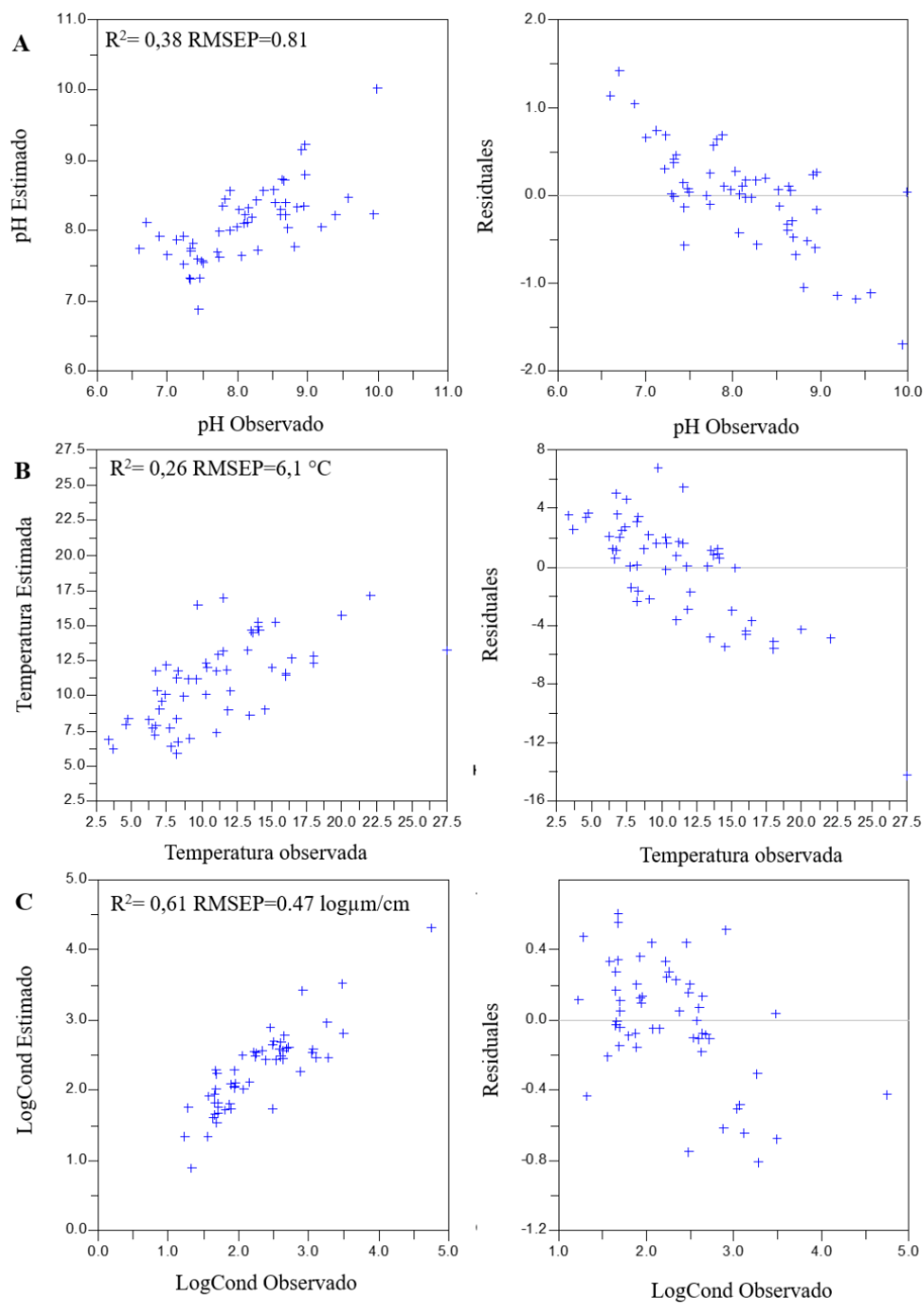


Fig. 10. Modelos WAT_cla para el pH (a), la temperatura (b) y la conductividad (c): valores observados vs inferidos y residuales vs valores observados.

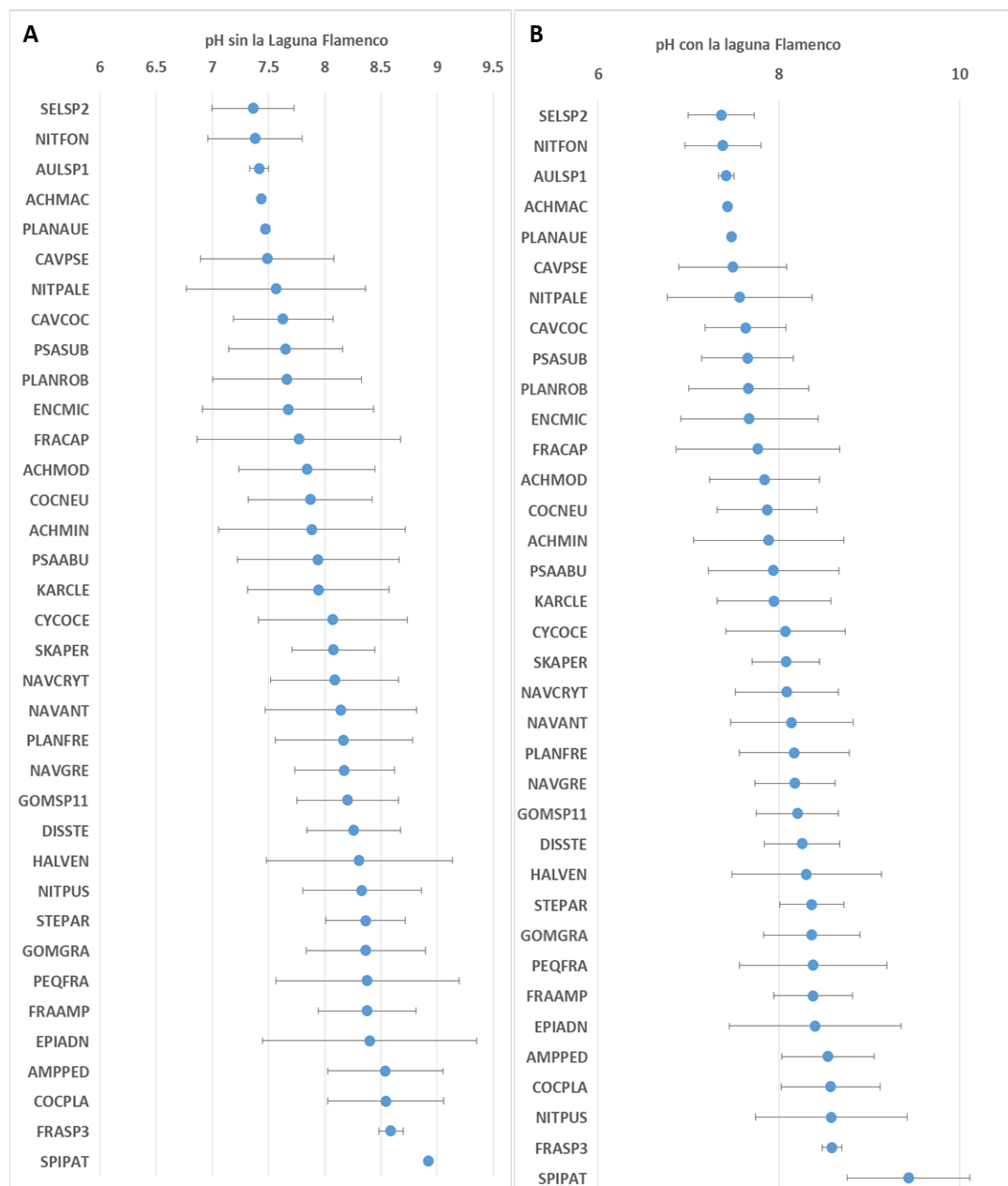


Fig. 11. Óptimos y tolerancias para el pH de las 36 especies con abundancias mayores a 5% en al menos dos sitios de la base de datos conjunta de Echazú (2012) y este trabajo: (a) sin incluir y (b) incluyendo a la laguna Flamenco. Los códigos de las especies están detallados en la Tablas 3.

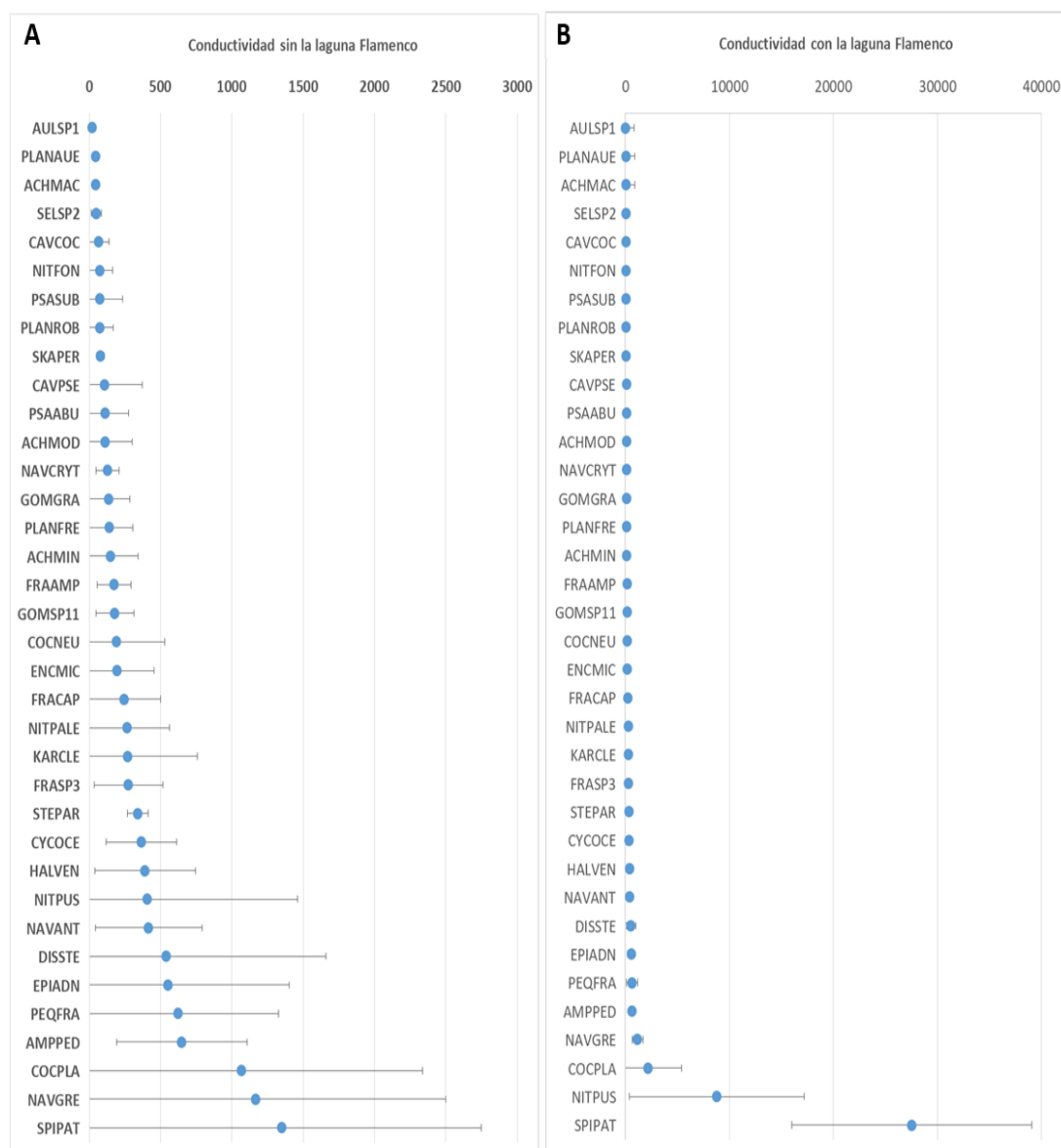


Fig. 12. Óptimos y tolerancias para la conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) de las 36 especies con abundancias mayores a 5% en al menos dos sitios de la base conjunta de Echazú (2012) y este trabajo: (a) sin incluir y (b) incluyendo a la laguna Flamenco. Los códigos de las especies están detallados en la Tablas 3.

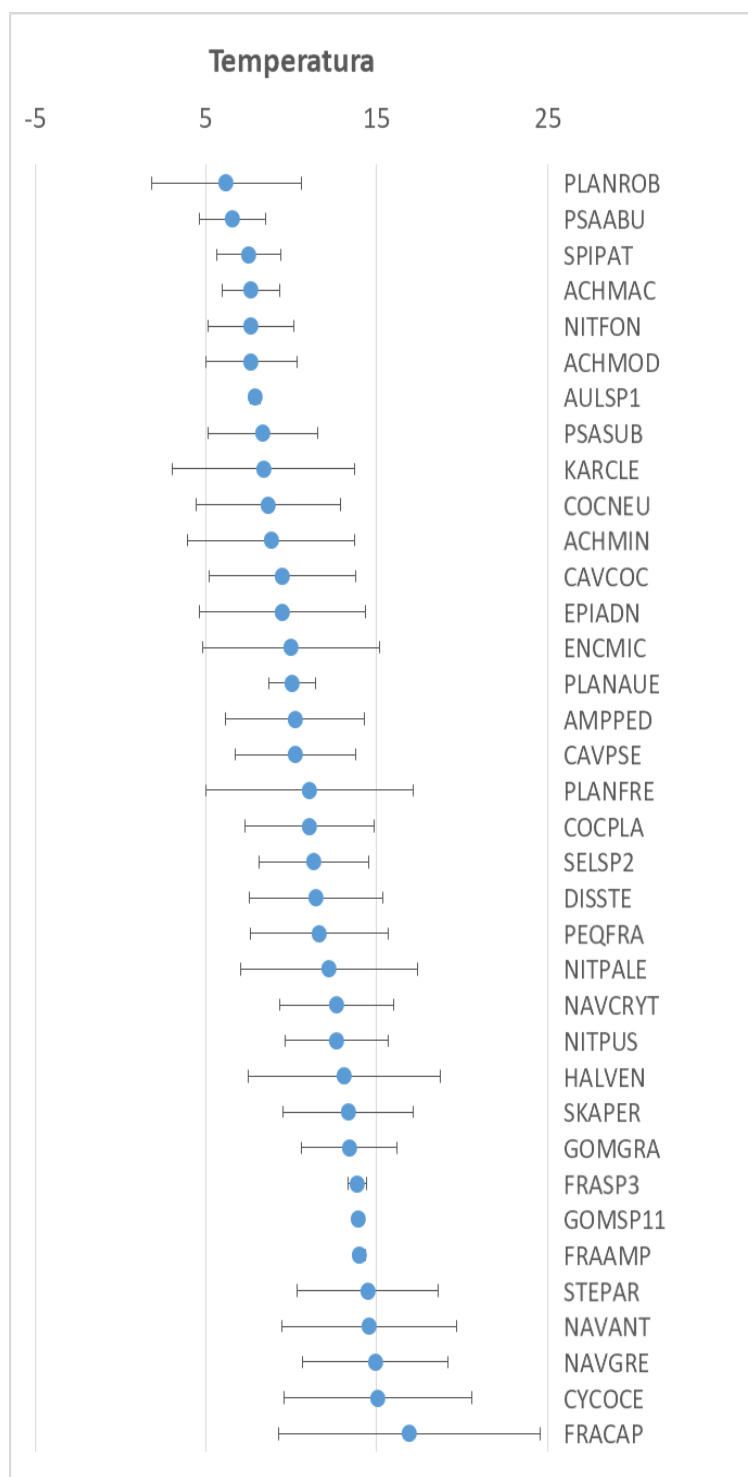


Fig. 13. Óptimos y tolerancias para la temperatura (°C) de las 36 especies con abundancias mayores a 5% en al menos dos sitios de la base conjunta de Echazú (2012) y este trabajo. Los códigos de las especies están detallados en la Tablas 3.

8. 2 Base de datos fósiles – Secuencias sedimentarias

8.2.1 Cronología

En la secuencia sedimentaria VER17-1 observé cuatro niveles de cenizas volcánicas (VT1 a VT4) y cinco niveles en GEM15-2 (GT2 a GT6) (Fig 14), numeradas, respectivamente, desde la parte más superficial hacia la más profunda del testigo.

Mayr et al. (2018) estimaron los rangos de edades de las tefras de VER17-1: VT1 (1940-1970 AC), VT2 (1888-1934 AC), VT3 (1871-1920 AC) y VT4 (1536-1669 AC); así como también para las tefras del testigo GEM17-1: GT1 (1986-1998 AC), GT2 (1943-1968 AC), GT3 (1927-1955 AC) y GT4 (1849-1892 AC). Mayr et al. (2018) discuten cuál habría sido la fuente de estos piroclastos volcánicos y concluyen que el volcán Lautaro es el más probable. A partir de esto, adjudicamos a las tefras las fechas de las erupciones del volcán Lautaro referenciadas en registros históricos y otras publicaciones sobre la tefrocronología de la región: VT1 y GT2 1959/60 AC, VT2 y GT3 1933 AC, VT3 y GT4 1876 AC. La tefra GT1 de GEM17-1 parece no estar contenida en GEM15-2, lo cual se evidencia al correlacionar mediante los valores de Ca (expresado como Ca/coh) de ambas secuencias (Fig 14.b). Esto sugiere que el techo del testigo GEM15-2 no sería el año de muestreo (2015) y que estarían faltando al menos 5 cm más (unos 30 años) que si se observan en GEM17-1.

A partir de los fechados de las erupciones volcánicas antes mencionadas se realizaron los modelos de edad-profundidad para GEM15-2 y VER17-1 (Fig 15), resultando las edades extrapoladas linealmente de 1987 AC para el techo, 1770 AC para la base de GEM15-2 (77 cm) y de 1362 AC para la base de VER17-1 (84 cm).

Para GEM15-2 se obtuvieron dos dataciones radiocarbónicas ^{14}C , a los 49 y a los 75 cm de profundidad, que resultaron en 4478 cal AP y 16.014 cal AP. Estas edades no fueron consideradas para el modelo de edad-profundidad del testigo por considerar que son edades más viejas de lo esperado.

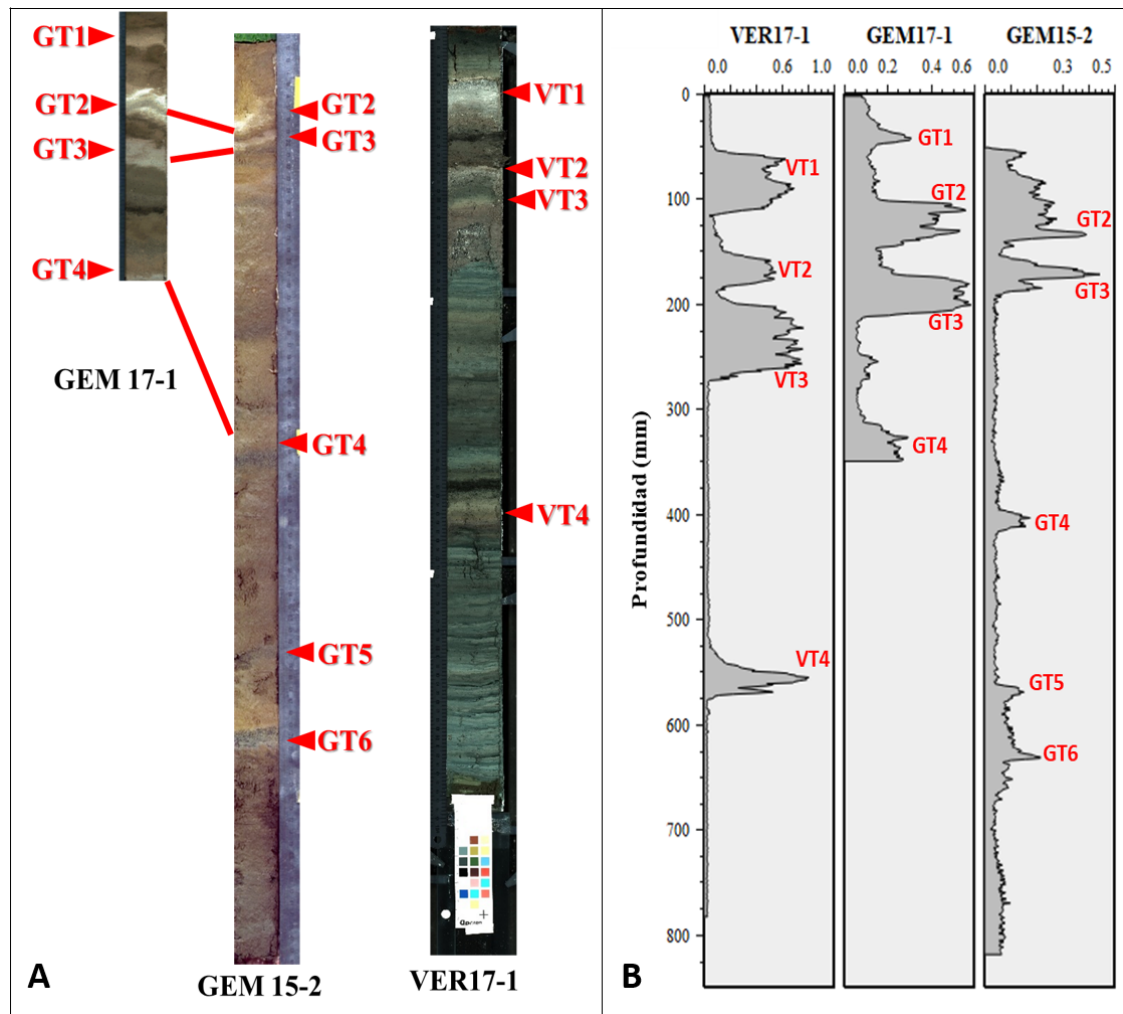


Fig. 14. A. Corte longitudinal de los testigos analizados en este trabajo, GEM15-2 y VER17-1 y correlación con GEM17-1 a partir de las tefras observadas (GT1-GT6 y VT1-VT4). B. Valores de Ca en los testigos VER17-1, GEM15-2 y GEM17-1.

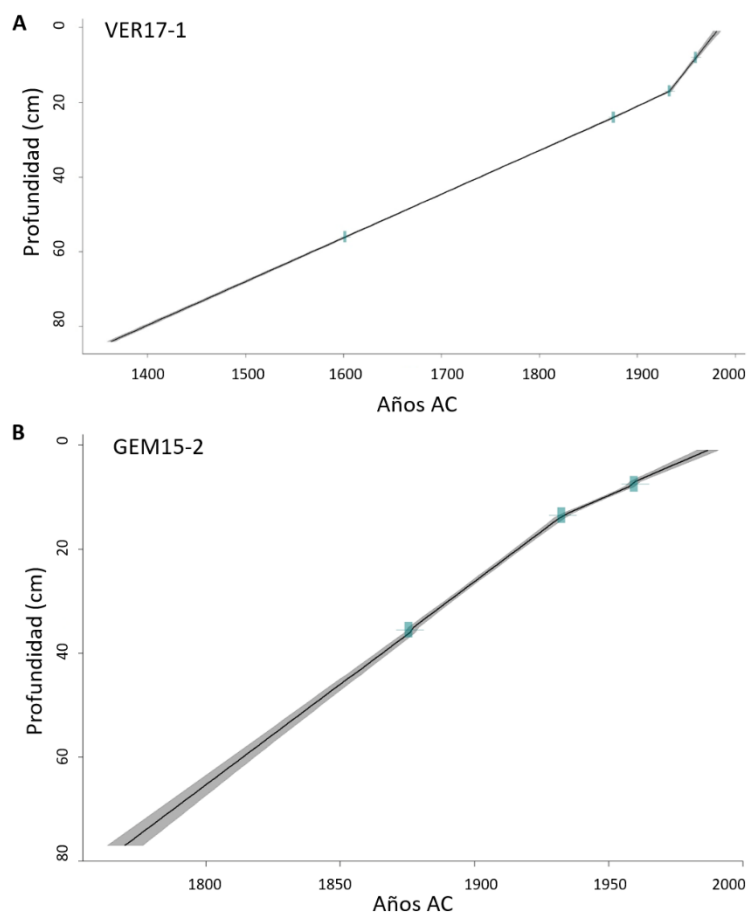


Fig 15. Modelos de edad-profundidad para VER17-1 (a) y GEM15-2 (b). Los rectángulos verdes indican la distribución de las edades individuales conocidas, en nuestro caso las erupciones del volcán Lautaro. La zona gris indica los intervalos con un 95% de probabilidad del modelo generado.

8.2.2 Proxies geoquímicos

Los valores de Carbono Orgánico Total (TOC) y Nitrógeno Total (TN) para VER17-1 fueron 1,1-8,0 y 0,1-1,1 (wt. %), respectivamente (Fig 16). La relación TOC/TN en este testigo varió entre 6 y 24, con sus máximos en la base de VT3 y entre VT2 y VT1. Este último pico coincide con uno de TOC. El segundo pico de TOC está por encima de VT4, coincidiendo con un máximo de TN y valores más altos de $\delta^{13}\text{C}$. Los valores $\delta^{15}\text{N}$ decrecen hasta un 5,2 % en las capas de tefras mientras que en el resto del testigo variaron entre 0,5 y 2,0%.

Para GEM15-2, los valores de TOC y TN variaron entre 0,5-10,5 y 0,1- 0,8 (wt. %), respectivamente (Fig 16). La relación TOC/TN en GEM15-2 varió entre 8,8-33,3, con su máximo por encima de GT2. Los valores de $\delta^{15}\text{N}$ están cercanos a 0 desde la base

de la secuencia hasta los 60 cm, donde comienzan a incrementarse, exceptuando las capas de tefras en donde decrecen y en particular, lo hacen más marcadamente luego de GT3.

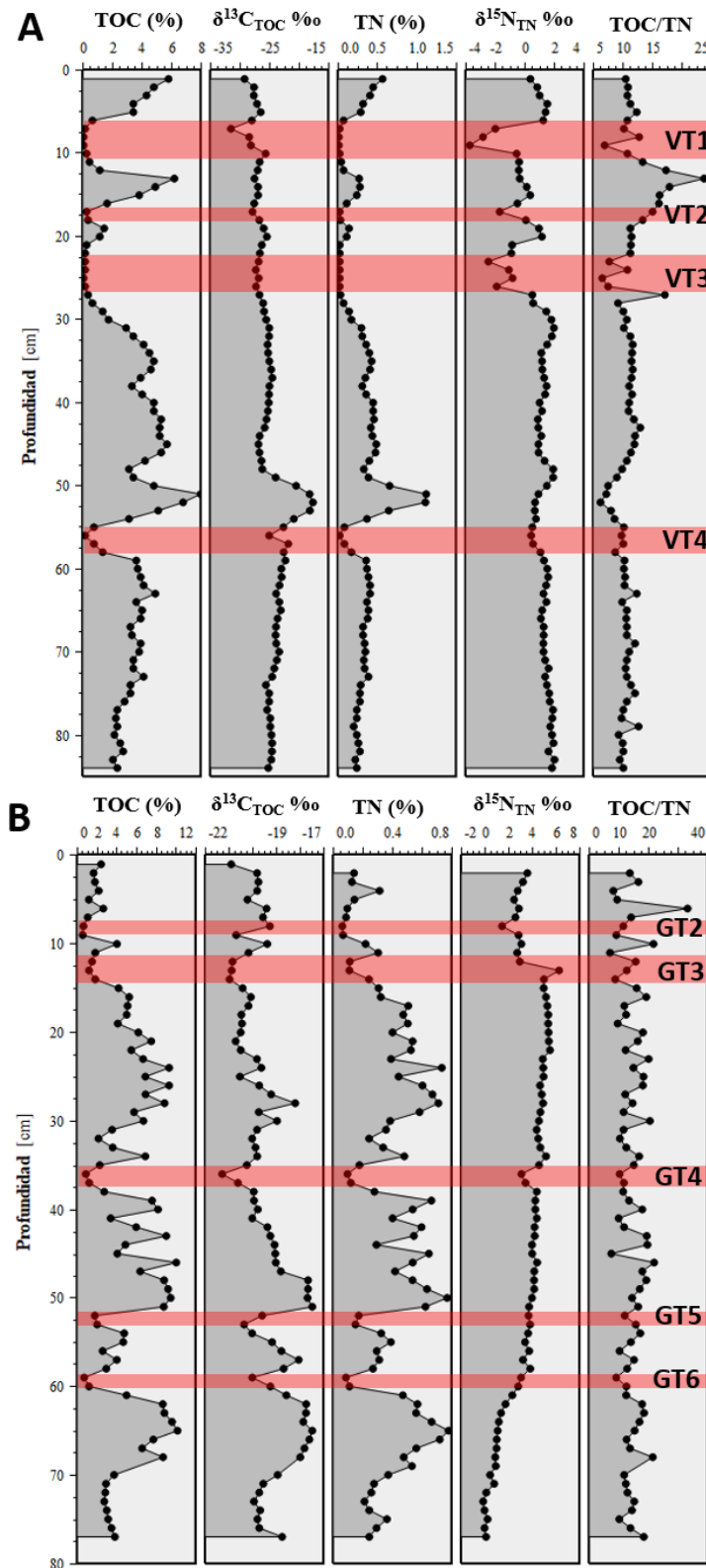


Fig. 16. Variación de los isótopos de C y N ($\delta^{15}N$, $\delta^{13}C$) y de TOC (%), TN (%) y C/N en las lagunas Verde (A) y Gemelas Este (B).

8.2.3 Bioestratigrafía

8.2.3.1. Laguna Verde

Las diatomeas fueron abundantes en toda la secuencia sedimentaria analizada. La abundancia total varió a lo largo del testigo y la máxima fue de 410×10^6 valvas/g de sedimento seco (Fig 17). No se encontraron diatomeas en las muestras de los 8 y 9 cm de profundidad y se las consideró como estériles.

El ensamble de diatomeas estuvo compuesto por 41 géneros y 85 taxones infragenéricos (Anexo I, Tabla 9). Solo 17 de estos taxones se encontraron en más del 5% de abundancia relativa en al menos dos muestras (Anexo I, Tabla 10). De estos, *Aulacoseira* sp. 1, *Aulacoseira* sp. 2, *Achnantheidium* aff. *lusitanicum* Novais & Morais, *Achnantheidium macrocephalum* (Husted) Round Bukhtiyarova y *Achnantheidium minutissimum* Kützing son ticoplanctónicos, y 10 son epifíticos/ bentónicos: *Cavinula variostrata* (Krasske) D.G.Mann & A.J.Stickle, *Encyonema silesiacum* (Bleisch) D.G.Mann, *Gomphonema patagonicum* Krasske, *Iconella* aff. *linearis* (W.Smith) Ruck & Nakov, *Nitzschia frustulum* var. *minutula* Grunow, *Nitzschia recta* Hantzsch ex Rabenhorst, *Psammothidium subatomoides* (Hustedt) Bukhtiyarova & Round, *Sellaphora pupula* Φ 'slender' sensu Mann, *Sellaphora* sp. 1 y *Tabellaria flocculosa* (Roth) Kützing.

La Fig 17 muestra los perfiles bioestratigráficos de las diatomeas que se encontraron con una abundancia mayor o igual a 5% al menos en dos muestras y la abundancia relativa total de diatomeas en VER17-1. Con ayuda de la función CONISS del software Tilia (análisis de agrupamiento estratigráfico restringido) se agruparon las muestras y a través del modelo de vara partida (“*Broken Stick Model*”) se determinó que la cantidad mínima de zonas estadísticamente confiables es cinco (Fig 18)

Zona A entre los 84 y los 26 cm (1362 ± 4 - 1859 ± 2 AC) dentro de esta zona se distinguieron 3 subzonas diferentes:

A1 entre los 84 y los 56 cm (1362 ± 4 - 1602 ± 2 AC): predominaron las dos especies ticoplanctónicas *Aulacoseira* sp. 1 y *Aulacoseira* sp. 2, con valores altos de abundancia y fluctuaron con patrones opuestos.

A2 a los 55 cm (1611 ± 2 AC): se observó la tefra VT4, disminuyeron los valores de abundancia de las dos especies de *Aulacoseira* e, inclusive, la sp. 2 desapareció completamente. Paralelamente, solo en estos dos centímetros aumentaron su

importancia *Encyonema silesiacum*, *Gomphonema patagonicum*, *Nitzschia recta*, *Iconella* aff. *linearis*, *Sellaphora pupula*.

A3 entre los 54 y los 26 cm (1619 ± 2 - 1859 ± 2 AC): volvió a aparecer *Aulacoseira* sp.

2. Ambas especies de *Aulacoseira* tuvieron valores altos de abundancia relativa, con variaciones dentro de la zona con patrones marcadamente opuestos como en la subzona A1.

Zona B entre los 25 y los 21 cm (1867 ± 1 - 1900 ± 1 AC): se observó la tefra VT3. *Aulacoseira* sp. 1 y *Aulacoseira* sp. 2 disminuyeron su abundancia relativa hasta casi desaparecer. Predominaron especies bentónicas, principalmente *Nitzschia frustulum* var *minutula*. Otras especies que estuvieron presentes en esta zona fueron *A. minutissimum*, *E. silesiacum*, *Iconella* aff. *linearis*, *Nitzschia recta*, *Psammothidium subatomoides*, *Sellaphora pupula* y *Sellaphora* sp. 1.

Zona C entre los 20 y los 10 cm (1909 ± 2 - 1954 ± 2 AC): volvió a aparecer *Aulacoseira* sp. 1, con dos picos de abundancia y un mínimo intercalado, que coincidió con la ocurrencia de la tefra VT2. En el intervalo donde *Aulacoseira* sp. 1 tuvo valores mínimos de abundancia, algunas especies bentónicas aumentaron su abundancia, como en la zona anterior, y aparecieron otras, como *Achnanthydium macrocephalum* y *Cavinula variostrata*.

Zona D entre los 9 y los 8 cm (1957 ± 2 - 1960 ± 2 AC): la abundancia total de diatomeas fue muy baja y solo se encontraron algunas especies bentónicas como *Achnanthydium macrocephalum*, *Cavinula variostrata*, *Sellaphora* sp. 1, con valores de abundancia relativa muy bajos. En esta zona se observó la tefra VT1.

Zona E entre los 7 y los 0 cm (1968 ± 2 - 2017 ± 2 AC): volvieron a aparecer *Aulacoseira* sp. 1 y *Aulacoseira* sp. 2, con valores altos de abundancia relativa y otra vez presentaron variaciones en su abundancia con patrones opuestos; apareció *Tabellaria flocculosa* y el resto de las especies que estaban presentes en la zona anterior desapareció o tuvieron valores de abundancia relativa muy bajos, casi imperceptibles.

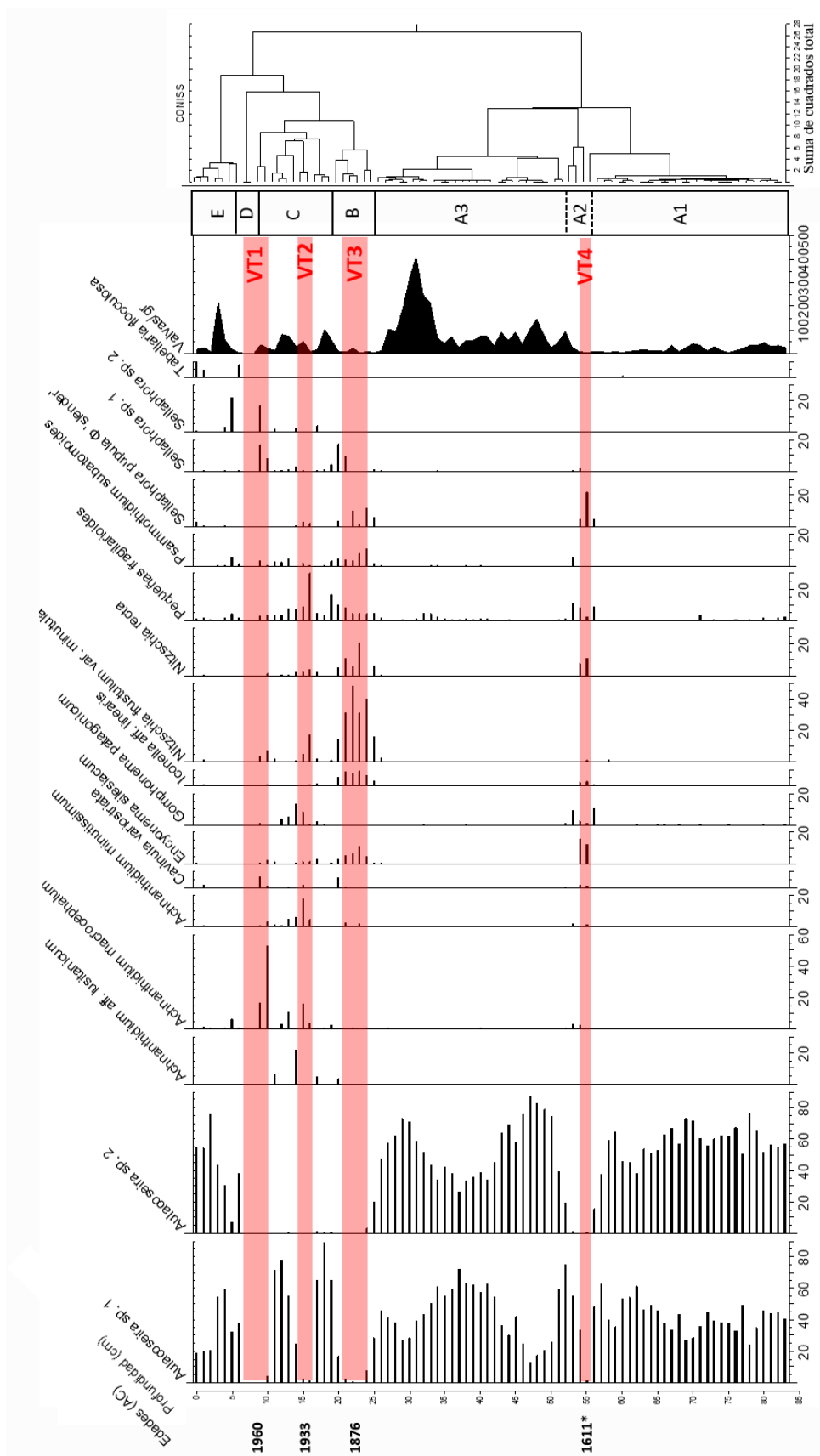


Fig. 17. Variación de las abundancias relativas (%) de las diatomeas dominantes y subdominantes y del contenido total de diatomeas (valvas/gr de sedimento seco) en el testigo VER17-1. Dendrograma estratigráfico restringido producido con el programa CONISS. Las bandas rojas representan los niveles de tefra (VT1-VT4). *Edad extrapolada.

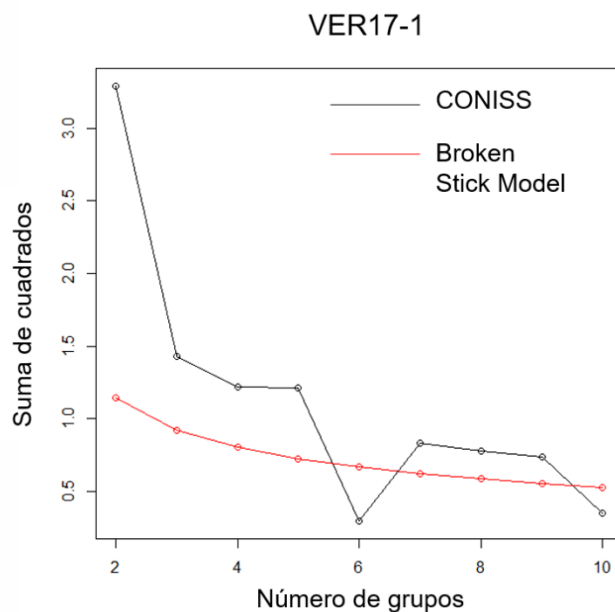


Fig. 18. Modelo de vara partida para el testigo VER17-1.

8.2.3.2 Laguna Gemelas Este

Las diatomeas estuvieron bien preservadas y fueron abundantes en todas las muestras del testigo analizado, excepto las ubicadas entre 60 y 77 cm donde no se encontró ninguna y se las consideró estériles. La abundancia total de diatomeas varió a lo largo del testigo y su máxima abundancia fue de 27×10^6 valvas/gr de sedimento seco (Fig 19). Entre 0 y 59 cm de profundidad hubo dos valores mínimos de abundancia relativa de diatomeas: uno entre 21 y 22 cm y el otro, entre 38 y 40 cm de profundidad.

El ensamble de diatomeas estuvo compuesto por 30 géneros y 47 taxones infragenéricos (Anexo I Tabla 11). Solo 10 taxones se encontraron en más del 5% de abundancia relativa en al menos dos muestras (Anexo I Tabla 12). De estos, *Aulacoseira* sp. 1 y *Achnantheidium* aff. *sieminskae* Witkowski, Kulikovskiy & Riaux-Gobin son ticoplanctónicos y ocho taxones son perifíticos/bentónicos: *Encyonema silesiacum* (Bleisch) D.G.Mann, *Karayevia carissima* (Lange-Bertalot) Bukhtiyarova, *Nitzschia fonticola* (Grunow) Grunow, *Pinnularia* aff. *appendiculata* (C.Agardh) Schaarschmidt, *Psammothidium marginulatum* (Grunow) Bukhtiyarova & Round, *Sellaphora* sp. 1, *Sellaphora* sp. 2 y *Staurosirella* sp. 12.

La Fig 19 muestra los perfiles bioestratigráficos de las diatomeas con una abundancia relativa mayor o igual a 5% en al menos dos muestras y la abundancia total. Con ayuda de la función CONISS del software Tilia (análisis de agrupamiento

estratigráfico restringido) se agruparon las muestras y a través del modelo de vara partida (“*Broken Stick Model*”) se determinó que la cantidad mínima de zonas estadísticamente confiables es cinco (Fig 20). Por lo tanto, para poder explicar cada zona del testigo consideré descriptivas las siguientes cinco zonas:

Zona A entre los 59 y los 55 cm (1816 ± 4 - 1827 ± 4 AC): en la base se observó la tefra GT6. Predominó completamente *Staurosirella* sp. 1 y es donde tuvo su pico de máxima abundancia relativa en todo lo largo del testigo. *Psammothidium marginulatum*, *Achnanthidium* sp. 11, *Nitzschia fonticola*, *Encyonema silesiacum* y *Sellaphora* sp. 1 estuvieron presentes en este período pero en menor abundancia.

Zona B entre los 54 y los 53 cm (1829 ± 3 - 1832 ± 4 AC): apareció la especie planctónica/ticoplanctónica *Aulacoseira* sp. 1, en abundancias altas. Paralelamente, las especies bentónicas desaparecieron casi completamente, siendo *Sellaphora* sp. 1 y *Staurosirella* sp. 12 las que prevalecieron pero en mucho menores abundancias que en la zona anterior.

Zona C entre los 52 y los 28 cm (1835 ± 4 - 1895 ± 1 AC): *Aulacoseira* sp. 1 tuvo valores bajos de abundancia relativa hasta casi desaparecer. Esto coincidió con la aparición de la tefra GT5 en la base de la zona a los 52 cm y la tefra GT4 a los 35 cm más hacia la parte superior. Entre las dos tefras se observó un decrecimiento de la abundancia total de diatomeas. Las especies bentónicas, *Encyonema silesiacum*, *Sellaphora* sp. 1 y *Sellaphora* sp. 2 tuvieron valores de abundancia más altos; *Psammothidium marginulatum* y *Achnanthidium* aff. *sieminskae* también estuvieron presentes pero con valores de abundancia variables a lo largo de la zona. Paralelamente, *Staurosirella* sp. 12 y *Nitzschia fonticola* decrecieron gradualmente en su abundancia relativa desde la base hacia la parte superior de la zona, donde *Nitzschia fonticola* desapareció.

Zona D entre los 27 y los 12 cm (1898 ± 2 - 1940 ± 2 AC): volvió a aparecer *Aulacoseira* sp. 1, que tuvo dos picos de abundancia relativa alta interrumpidos por dos mínimos. Uno de estos mínimos fue a los 20-21 cm, cuando la abundancia total de diatomeas tuvo el valor más bajo a lo largo de todo el testigo. *Staurosirella* sp. 12, *N. fonticola* y *P. marginulatum* aumentaron su abundancia relativa paralelamente a los valores mínimos de *Aulacoseira* sp. 1. Disminuyó la abundancia relativa de *Sellaphora* sp. 1 y *E. silesiacum* con respecto a la zona

anterior. Además, aparecieron en abundancia relativa bajas, *Karayevia carissima*; *A. aff. sieminskae*, *Achnanthidium* sp. 11. En la parte superior de la zona se observó la tefra GT3, simultáneamente con una disminución de la abundancia total de diatomeas y un mínimo de la abundancia relativa de *Aulacoseira* sp. 1.

Zona E entre los 11 y los 0 cm (1944±1 - 1987±4 AC): estuvo dominada por *Aulacoseira* sp. 1, que aumentó su abundancia relativa desde la base hacia la parte superior de la zona, donde tuvo un mínimo de abundancia relativa a los 7-9 cm y donde también se observó la tefra GT2. Volvió a aparecer *N. fonticola*, con los valores de abundancia relativa más altos de toda la secuencia. También estuvieron presentes en este periodo *P. marginulatum*, *E. sileciacum* y *Sellaphora* sp. 1 *A. aff. sieminskae*, con valores de abundancia relativa bajos.

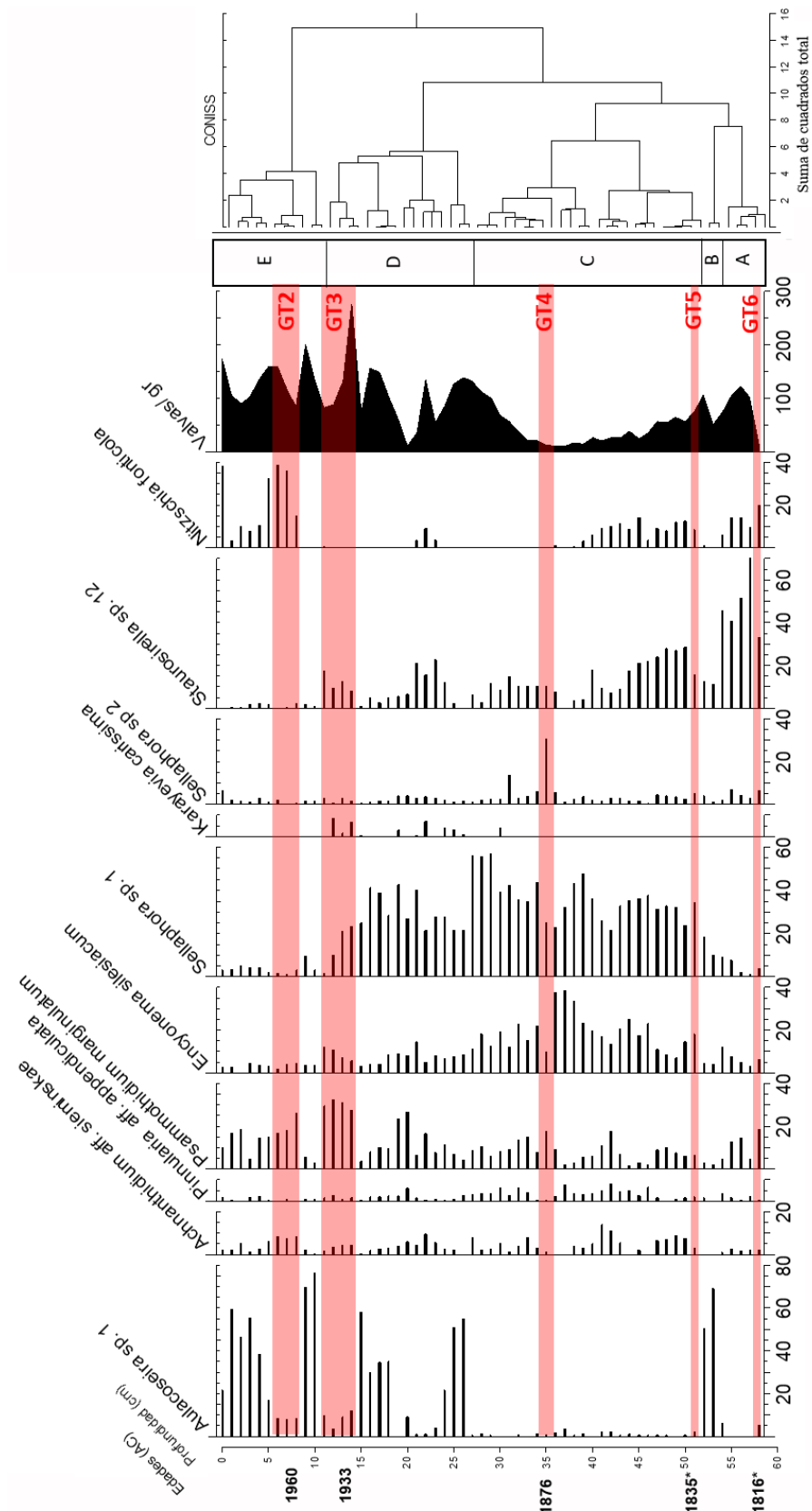


Fig. 19. Variación de las abundancias relativas (%) de las diatomeas dominantes y subdominantes del contenido total de diatomeas (valvas/gr de sedimento seco) en el testigo GEM15-2. Dendrograma estratigráfico restringido producido con el programa CONISS. Las bandas rojas representan los niveles de tefra (GT2-GT6). *Edad extrapolada.

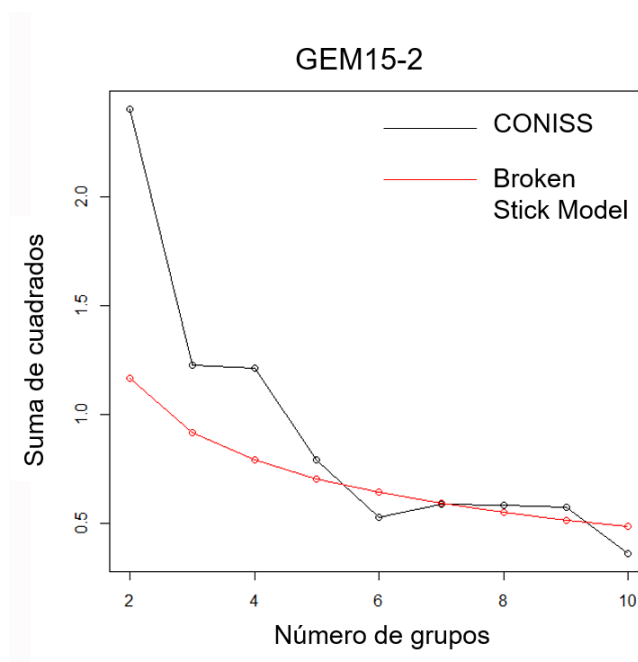


Fig. 20. Modelo de vara partida para el testigo GEM15-2.

8.2.4 Funciones de transferencia

El set de calibración de 55 muestras y 36 especies (incluyendo la base de datos de Echazú, 2012) fue utilizado para desarrollar una función de transferencia para la reconstrucción cuantitativa de la conductividad ($\text{bootstrapping } r^2=0,61$, $\text{RMSEP}=0,47$, modelo WAT_cla).

Se evaluó la presencia de análogos modernos en el set de calibración (Fig. 21). Al comparar cuántos taxones del conjunto datos fósiles están presentes en el conjunto de datos actuales se observó que del total de 215 taxones registrados para las muestras de sedimentos superficiales, 60 (69%) estaban también en VER17-1 y 37 (79%) en GEM15-2, un 32% del total en ambos testigos.

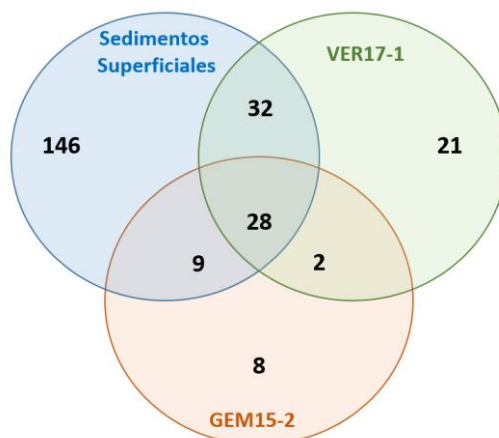


Fig. 21. Comparación de los taxones comunes y no comunes en los conjuntos de datos actuales y fósiles.

Esta FT se aplicó a las secuencias sedimentarias analizadas, GEM15-2 y VER17-1 (Fig 21). Las reconstrucciones realizadas sugirieron que la conductividad fue mucho más variable a lo largo de la secuencia GEM15-2 que en VER17-1. Los valores en GEM15-2 variaron entre 2,3 y 57,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (11,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en promedio) mientras que en VER17-1 los valores variaron entre 1,0 y 196,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (10 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en promedio).

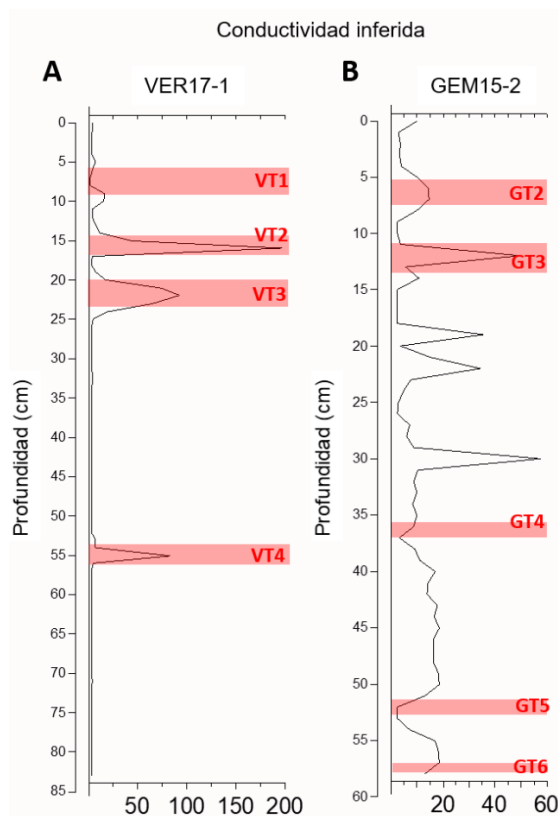


Fig. 21. Reconstrucción de la conductividad utilizando la FT desarrollada en este trabajo de (A) laguna Verde y (B) laguna Gemelas Este.

9. Discusión

9.1 Biodiversidad

El conocimiento de la composición específica de los ensambles de diatomeas que habitan en un lugar determinado y su relación con las condiciones ambientales es imprescindible para conocer sus requerimientos ecológicos y así entender mejor los procesos que pueden afectar esos ecosistemas. Sin embargo, estudiar la taxonomía y la biogeografía de estas microalgas en un lugar geográficamente aislado y poco conocido, como es la Patagonia argentina, plantea grandes desafíos científicos y metodológicos. En primer lugar, la inaccesibilidad de muchos de los sistemas lacustres representa una serie de problemas logísticos serios para llegar a obtener las muestras a estudiar. En segundo lugar, la escasez de trabajos monográficos sobre la ficolflora de la región dificulta la identificación de las especies encontradas. Al respecto, solo disponemos del relevamiento taxonómico detallado de las diatomeas de ocho de los cuerpos de agua relevados para esta tesis (Echazú, 2012). Entre los sitios restantes, sobre seis de ellos hay estudios limnológicos solo con listados de microalgas, sin ilustraciones de lo identificado (Izaguirre et al., 2018). Finalmente, 14 sitios no habían sido objeto de ningún trabajo ficológico previo.

Un 30% de especies identificadas en este trabajo coinciden con las mencionadas por Echazú (2012) y menos de un 20% aparecen en otros trabajos publicados para la Patagonia argentina donde se mencionan especies de diatomeas (Luchini, 1975, 1976; Maidana, 1999; Maidana & Round, 1999; Maidana et al., 2005; Messyasz et al., 2007; Wille et al., 2007, entre otros). El presente estudio incrementa al conocimiento de la biodiversidad de diatomeas para la región, siendo el 10% del total de las especies identificadas nuevos registros para Argentina o para Santa Cruz. Las coincidencias con estudios previos, el porcentaje de nuevos registros para el área de estudio y el hecho de que el 43% del total de las especies apareció una única vez, en un único sitio, ponen de manifiesto la necesidad de intensificar el esfuerzo de muestreo para lograr un panorama más preciso de la biodiversidad en la región.

En los ambientes estudiados hallé un 21% de taxones que, de acuerdo con la literatura consultada, no coinciden totalmente con especies conocidas y que, potencialmente, podrían ser nuevas para la ciencia. La mayoría de ellas pertenece a los géneros *Pinnularia*, *Gomphonema*, *Nitzschia*, *Achnanthidium*, *Navicula*, *Sellaphora* y

algunos de la Familia Fragilariaceae (*Fragilaria*, *Pseudostaurosira*, *Punctastriata*, *Staurosirella* y *Staurosira*). El hecho de no poder identificar a nivel de especie los ejemplares hallados impide conocer su distribución geográfica y características ecológicas por lo que no sería correcto utilizarlos como indicadores biológicos a la hora de realizar inferencias neo y paleo ambientales confiables (Spaulding & Mc Knight, 1999; Smol & Cumming, 2000).

Ante la imposibilidad de asignar fehacientemente un material a una especie conocida, la forma óptima de proceder es realizar numerosas observaciones tanto con MO como MEB a fin de tener representada lo mejor posible el espectro de variabilidad de ese material. Esto va a permitir la comparación con taxones ya descritos, reexaminando preferiblemente su material tipo, definiendo mejor sus límites taxonómicos o describir nuevos taxones, aproximándose más a la diversidad real en los diferentes géneros (García et al., 2017). El reanálisis de materiales tipo ha sido particularmente relevante para precisar la identidad de las pequeñas fragilarioides, cuyas dimensiones reducidas dificultan la identificación precisa al microscopio óptico (Williams y Round, 1987; Morales et al., 2013). Actualmente estoy realizando más observaciones con MO y MEB para tratar de dilucidar la identidad taxonómica de los ejemplares que han no han sido identificados a nivel de especie. Para la descripción de los nuevos taxones estoy trabajando en estrecha colaboración con los Dres. Eduardo Morales (Universidad de Évora, Portugal), Luc Ector (Institute of Science and Technology, Luxemburgo) y Priscilla Tremarin (Acqua, Brasil).

Utilizar ficofloras del Hemisferio Norte para identificar a las diatomeas de otras regiones puede causar errores no sólo en el conocimiento de la biodiversidad local sino también a la hora de inferir cambios ambientales ocurridos en el pasado. La práctica del “*force-fitting*” que consiste en asignar forzosamente a un material nuevo, el nombre de una especie conocida para otro lugar, ha sido muy común en los trabajos sobre las diatomeas del Hemisferio Sur (Bouchard et al., 2004; Vanormelingen et al., 2008). Un ejemplo de esto es el caso de *Staurosira magallanesica*, que había sido identificada erróneamente como la cosmopolita *S. construens* Ehrenberg (García et al., 2017, 2018).

La biogeografía de las diatomeas está estrechamente relacionada con el concepto de especie que es utilizado a la hora de clasificar un taxón. Por ejemplo, la serie de monografías, ampliamente consultada por los diatomólogos, “*Süsswasserflora von Mitteleuropa* (Krammer & Lange-Bertalot, 1986, 1988, 1991) utiliza, al menos en sus dos primeros volúmenes, un concepto de especie muy amplio en el cual agrupa a muchos

taxones, que eran considerados como especies diferentes por autores como Patrick & Reimer (1966, 1975) o Williams & Round (1987). Con los recientes avances tecnológicos en microscopía electrónica, se ha logrado refinar la observación de las características ultraestructurales que permiten identificaciones más precisas, incrementado el número de especies nuevas o resucitando especies/géneros ya descritos pero que habían pasado a sinonimia. Es por esto que cada vez se hace más evidente la necesidad de reexaminar con MEB el material tipo de los taxones descritos no solo para Europa y Norteamérica sino también para la región patagónica argentina, como los de los trabajos pioneros de Frenguelli (1924, 1942, entre otros). Algunas de estas especies ya fueron reanalizadas (por ejemplo, Sunesen et al., 2017; Vouilloud et al., 2018) y, en nuestro caso, el análisis con MEB del material tipo de *Cocconeis neuquina* Frenguelli nos permitió enmendar la descripción de la especie y designar a la población de la laguna Huergo como su paralectotipo (García et al., 2018).

9.1.1 Óptimos y tolerancias de los taxones

Las diatomeas, en conjunto, ocupan un rango notablemente diverso de ambientes y, sin embargo, los rangos de tolerancia a diferentes variables ambientales han sido estudiados en detalle para muy pocas especies (Mann et al., 2016). En las muestras de sedimentos superficiales analizadas, las tolerancias de la mayoría de las especies fueron amplias e incluso se solaparon, lo que explicaría por qué no fue evidente una relación entre la riqueza específica de los sitios y los parámetros ambientales considerados.

Izaguirre et al. (1990) y Díaz et al. (2000) señalan que las ficofloras de los lagos y lagunas de la zona andina patagónica difieren en su composición específica de las de la estepa, en coincidencia con los resultados que obtuve en este trabajo. En los sitios de estepa encontré en forma exclusiva especies consideradas como tolerantes a conductividades moderadas a altas y pH medios a altos, como por ejemplo *Spicaticriba patagónica* (Wille et al., 2007) o *Nitzschia pusilla* (Michelutti et al., 2006).

Entre los sitios andinos, se observaron especies características de ambientes fríos, de montaña y sub-antárticos, circumneutrales y con conductividades bajas, como *Planothidium aueri*, *Psammothidium abundans*, *Achnanthisidium macrocephalum*, *Cocconeis neuquina* (Frenguelli, 1942; Van de Vijver et al., 2004).

Para los fines de este trabajo, era importante poder encontrar especies con tolerancia acotada (esteno) para poder utilizarlas como indicadoras de determinadas

condiciones ambientales ya que las que tienen tolerancia amplia son consideradas como indicadores pobres de la variable bajo estudio (Ter Braak & Looman, 1986). Según los resultados del WA (*Weighted Averaging*), algunos los taxones presentaron tolerancias acotadas para alguna de las variables, por ejemplo, para conductividad, *Cyclotella ocellata* (óptimo $365,78 \pm 89,3$), *Gomphonema gracile* (óptimo $138,79 \pm 54,87$), *Sellaphora* sp. 2 (óptimo $50,51 \pm 11,32$) y *Stephanodiscus parvus* (óptimo $339,41 \pm 26,74$); para pH, *Achnanthydium macrocephalum* (óptimo $7,43 \pm 0,03$); para la temperatura, *Gomphonema* sp. 11 (óptimo $13,95 \pm 0,26$) y *Planothidium aueri* (óptimo $10,02 \pm 1,36$); como así también algunas especies presentaron rangos acotados para más de una variable ambiental, es el caso de *Aulacoseira* sp. 1 (óptimo $7,41 \pm 0,08$ para pH; óptimo $7,87 \pm 0,27$ para temperatura), *Fragilaria amphicephaloides* (óptimo $174,05 \pm 39,61$ para la conductividad; óptimo $14 \pm 0,03$ para la temperatura), *Fragilaria* sp. 3 (óptimo $275,42 \pm 74,63$ para conductividad; óptimo $13,85 \pm 0,56$ para la temperatura). Sin embargo, la mayoría de ellos estuvieron pobremente representados en el set de calibración, es decir con valores bajos de N (número de apariciones) y de N2 (número de apariciones efectivas). Por esta razón, sus óptimos y sus tolerancias para todas las variables consideradas tuvieron que ser tomados con precaución.

Según Hassan (2018), la complejidad del ambiente da origen a una variabilidad en la composición de los ensambles de diatomeas que no puede ser predicha. Esta autora también señala que esta incertidumbre también se da a la hora de determinar el esfuerzo de muestreo necesario para representar confiablemente la composición de los ensambles. En este trabajo, el principal problema a la hora de realizar los muestreos fue la escasa accesibilidad de muchos de los sitios analizados, por estar en sitios apartados o en propiedades privadas o por las limitaciones impuestas por las condiciones climáticas rigurosas, que restringieron la época de muestreo a fines de verano o principios del otoño.

No tiene mucho sentido comparar los óptimos calculados en este trabajo con otros sets de calibración, por un lado por la posible inconsistencia taxonómica entre los diferentes sets (Juggins, 2013) y porque no todos los taxones responden de la misma manera a la misma variable en diferentes lugares del mundo (Reavie & Edlund, 2013).

9.2 Secuencias sedimentarias

Los resultados obtenidos para las lagunas Verde y Gemelas Este mostraron diferencias marcadas tanto en los ensambles de diatomeas en relación a las condiciones ambientales como en los *proxies* geoquímicos.

9.2.1 Geocronología y *proxies* geoquímicos

Las dataciones ^{14}C realizadas sobre los sedimentos de GEM15-2 debieron ser descartadas porque indicaron una antigüedad excesiva para la longitud del testigo. La causa de esto no es del todo clara por lo que postulamos tres escenarios posibles.

- a) **Presencia de un hiato en la secuencia sedimentaria.** La muestra de los 75 cm de profundidad está incluida en un segmento del testigo que parece tener condiciones de sedimentación totalmente diferentes al resto de la secuencia, que se reflejan también en marcadas diferencias en los resultados tanto de los *proxies* geoquímicos como biológicos, por lo que podría hacernos dudar de la confiabilidad del fechado de 16.014 cal AP, a la hora de utilizarlo para un modelo de edad/profundidad. En cuanto a la datación realizada para los 49 cm de profundidad (4478 cal AP), su veracidad también podría ser incierta porque el material orgánico en esa muestra era escaso y de una granulometría muy fina, por lo que no podríamos asegurar que el material separado para la datación se haya depositado localmente o que haya sido acarreado por el viento y /o glaciares (Wenzens & Wenzens, 1998, reconocieron avances del Glaciar Viedma, el más cercano a la laguna, entre la última glaciación y el Holoceno). A diferencia de lo que ocurre con la datación más antigua, en este nivel los *proxies* analizados no presentan ningún cambio marcado ni parece haberse modificado la tasa de depositación, como para sospechar que hubiera una discordancia.
- b) **Efecto reservorio provocado por la entrada de Carbono antiguo a la cuenca.** A pesar de que se considera que este efecto es despreciable en los sistemas lacustres (Kliem et al., 2013; Warrier et al., 2014), se debe considerar el ingreso de Carbono antiguo desde glaciares adyacentes al cuerpo de agua que, a través del agua de deshielo, lleguen a la cuenca (Iruzun et al., 2017). Ingolfsson et al. (1998) indican, para sedimentos superficiales de lagos de la Antártida con efecto reservorio, edades

de entre 2000 y 11.000 años, mientras que Iruzun et al. (2017) encontraron, también para muestras similares, un efecto reservorio de 5200 años. Hendy & Hall (2006) calcularon un efecto reservorio de aproximadamente 2700 años, para otra laguna Antártica.

c) Un error en la medición por parte del laboratorio que realizó estas dataciones.

La única manera de poder confirmar alguno de estas posibilidades sería poder realizar nuevas dataciones en otro laboratorio y así poder comparar los resultados. Por todo esto, se decidió utilizar el modelo de edad- profundidad basado sólo en las edades de las erupciones volcánicas conocidas y extrapolar a profundidad las edades.

Los valores de la relación Carbono Orgánico Total/Nitrógeno Total (TOC/TN) en ambas lagunas estuvieron alrededor de 10, con excepción de la muestra de los 13 cm en VER17-1 y la de los 5 cm en GEM15-2, donde esta relación fue de 24 y 33, respectivamente. Con valores de TOC/TN iguales o menores a 10, se considera generalmente que la materia orgánica es aportada principalmente por la biomasa algal, mientras que un valor mayor de esta relación se puede interpretar como una mezcla entre biomasa algal y de plantas terrestres (Elser et al., 2000; Meyers, 2003). Las señales isotópicas $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ también nos permiten tener una idea de la fuente de origen de la materia orgánica. Mayr et al. (2005, 2009) realizaron análisis de las señales isotópicas $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ para la zona de estepa de Santa Cruz en los que pudieron atribuir la fuente de la materia orgánica a cianobacterias, macrofitas acuáticas, fitoplancton, plantas vasculares terrestres, entre otros. En el caso de las secuencias sedimentarias analizadas en este trabajo, estas inferencias deben hacerse con cautela y serían sólo especulativas, ya que para poder corroborar el origen de la materia orgánica se debería realizar un relevamiento de todas las fuentes posibles en la franja andina y el ecotono del sur de la provincia de Santa Cruz ya que las señales isotópicas podrían variar al tener clima diferente al de la estepa (C. Mayr, com. pers.).

No registré cambios importantes en el contenido y señales isotópicas de C y N en los dos testigos. Sin embargo, se ve una disminución en los valores de $\delta^{15}\text{N}$ en los niveles donde hay clastos de origen volcánico depositados en ambas lagunas, lo que es más marcado en la laguna Verde. Probablemente esto se deba a que los eventos volcánicos podrían haber provocado una alteración en el ciclo del Nitrógeno en la laguna, inhibiendo su captación por parte del fitoplancton, lo que llevaría a que el valor isotópico del *pool*

de este elemento decreciera y, en consecuencia, también lo habría hecho la señal de $\delta^{15}\text{N}$ (Mayr et al., 2018).

En particular, los valores de $\delta^{15}\text{N}$ estuvieron cercanos a cero desde la parte basal del testigo hasta los 60 cm en Gemelas Este y no se relacionaron con ningún evento volcánico detectado. En ese mismo intervalo, y coincidiendo con la zona estéril de diatomeas, se observaron también altos valores de TN. No habiendo diatomeas y si materia orgánica se podría suponer que su producción podría haber estado a cargo de cianobacterias fijadoras de Nitrógeno (Mayr et al., 2009). Para probar esta hipótesis, habría que utilizar otras herramientas como el análisis de paleopigmentos o la búsqueda de estructuras fosilizables de estos microorganismos, como las acinetas.

Al comparar los resultados de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de las dos lagunas estudiadas podemos ver que, en general, los valores de Verde son menores que los de Gemelas Este. Esto puede deberse a los diferentes regímenes de precipitación en cada sitio; según datos no publicados de las estaciones meteorológicas cercanas, Verde está en un área más húmeda que la de Gemelas Este (Mayr et al., 2018). Esto condice con lo observado para el Suroeste de Sudamérica por Contreras et al. (2018) quienes sugieren una correlación negativa entre los isotopos de sedimentos lacustres y las precipitaciones.

El impacto de las erupciones volcánicas sobre los ensambles de diatomeas fue diferente en los dos cuerpos de agua analizados y en GEM15-2 pareció ser menos evidente que en VER17-1. Esto puede deberse a la posición relativa de las lagunas respecto del volcán Lautaro, fuente del material volcánico observado. El espesor de las capas de tefra en Gemelas Este es menor que en Verde, posiblemente no solo por su mayor distancia al volcán sino también por la menor inclinación del terreno alrededor de la cuenca y la ausencia de un afluente superficial (May et al., 2018).

Los clastos de origen volcánico que caen sobre un cuerpo de agua cambian las condiciones químicas de ese ecosistema (Payne & Egan, 2017), por ejemplo, aumentando la cantidad de metales pesados (Power et al., 2011) o disminuyendo el pH por el aporte de ácido sulfúrico asociado al evento (Birks & Lotter, 1994). Una capa gruesa de cenizas volcánicas depositada sobre los fondos lacustres puede formar una barrera física que previene la regeneración o la difusión de nutrientes, como el Fósforo, hacia la columna de agua (Barker et al., 2000, 2003). Tal vez, el efecto más evidente de una tefra sobre un cuerpo de agua es el incremento de la concentración de sílice. La sílice se disuelve lentamente en el agua e, incluso cuando la tefra está depositada en el fondo, todavía se sigue disolviendo, proporcionando un flujo constante al sistema acuático (Telford et al.,

2004). En diferentes estudios de los ensambles de diatomeas, fue advertida la sensibilidad de estas microalgas a los impactos de erupciones volcánicas, como por ejemplo a la turbidez del agua, a la alteración en la disponibilidad de hábitats, al cambio de la química del agua y a la disponibilidad de nutrientes mediante el cambio de su abundancia total y / o la composición del ensamble (Barker et al., 2000; Egan et al., 2018).

9.2.2 Laguna Verde

Las dos especies aun no identificadas de *Aulacoseira* fueron completamente dominantes a lo largo de toda la secuencia sedimentaria recuperada de esta laguna. *Aulacoseira* es un género que posee valvas muy silicificadas y forma colonias en cadenas de células que generalmente requieren de turbulencia para poder permanecer en suspensión en la zona fótica de la columna de agua (Fernández et al., 2013; Recasens et al., 2015).

En los intervalos donde aparecen las tefras VT1 (1960 AC), VT2 (1933 AC), VT3 (1876 AC) y VT4 (1611 AC) hubo un decrecimiento en la abundancia total de diatomeas y también se redujo la abundancia relativa de las *Aulacoseira spp.* Esto hizo que aumentara consecuentemente la importancia de algunas especies, particularmente las epifíticas, que se encontraban en menor proporción a lo largo de todo el testigo. Al depositarse las cenizas podría haberse producido un aumento de la turbidez en la columna de agua, causando una atenuación de la penetración de la luz y la reducción de la profundidad de la zona fótica (Mayr et al., 2018). Esto podría haber favorecido el desarrollo de especies no planctónicas mientras que las planctónicas/ticoplanctónicas podrían haber visto afectado su crecimiento al ser, además, más sensibles que especies epifíticas/bentónicas a cambios en los nutrientes disponibles durante la depositación de una tefra (Telford, 2004).

Las abundancias de las dos especies de *Aulacoseira* tuvieron patrones de variación opuestos en las zonas A y E. En las zonas B, C y D variaron en forma diferente y es donde aparecen las tefras VT1, VT2 y VT3. Las dos especies podrían tener requisitos diferentes en cuanto a la disponibilidad de luz. Debido a la depositación de las tefras, habría aumentado la turbidez en la columna de agua y como consecuencia disminuyó la importancia de ambas especies sin embargo, *Aulacoseira sp. 1* parece tener una recuperación más rápida que *Aulacoseira sp. 2* por encima de cada nivel de tefra por lo

que podríamos inferir que la primera tolera intensidades de luz más bajas que *Aulacoseira* sp. 2.

En la última zona (E) aparece en el registro *Tabellaria flocculosa*, una diatomea perifítica descrita como acidófila y β -mesosaprobia, que ha sido relacionada previamente con aumentos de temperatura y eutroficación (Michelutti et al., 2015). En este caso coincidiría con el establecimiento de pobladores estables en El Chaltén, el único asentamiento cercano a la región estudiada, que comenzó en 1985 AC (Blanco, 2003), pudiendo señalar tal vez alguna señal de disturbio antrópico.

9.2.3 Laguna Gemelas Este

En esta laguna, la composición de los ensambles diatomológicos varió más que en la laguna Verde, con zonas donde los taxones epifíticos/bentónicos fueron más importantes y otras donde dominaron especies planctónicas/ticoplanctónicas.

A diferencia de lo observado en VER17-1, en GEM15-2 no todos los mínimos de abundancia de *Aulacoseira* sp. 1 están relacionados con eventos volcánicos. En este caso, las variaciones de este taxón a lo largo del testigo se podrían relacionar con niveles de agua más altos o más bajos en la laguna, ya sea por precipitaciones más abundantes o por el ingreso de una mayor cantidad de agua de deshielo.

La zona más profunda de GEM15-2 (considerando sólo las muestras fértiles) estuvo dominada por *Staurosirella* sp. 12 que, al igual que otras pequeñas fragilarioides comúnmente aparecen en gran abundancia en las fases iniciales de un cuerpo de agua después de la deglaciación (Saulnier-Talbot et al., 2003).

Las zonas C y D del testigo GEM15-2 (1835 - 1940 AC) estuvieron dominadas por *Encyonema silesiacum* y *Sellaphora* sp. 1. En particular, la primera es epifítica y vive agregada dentro de tubos de mucilago que se adhieren a cualquier sustrato disponible. Ese mucílago le otorga resistencia a la desecación y, entonces, su abundancia podría darnos un indicio de un incremento en la disponibilidad de hábitats litorales. Según Fey et al. (2009) un incremento en la abundancia relativa de taxones epifíticos en un testigo obtenido del centro de un cuerpo de agua, podría deberse a una mayor intensidad del viento que provoca movimientos laterales del agua, que harían que las diatomeas que viven en la zona litoral se desprendan y sean arrastradas hacia el centro, donde se finalmente se depositan. Este podría haber sido el caso en esta laguna que está localizada en una zona mucho menos protegida del viento que la laguna Verde.

En la zona E de este testigo, *Nitzschia fonticola* aparece codominando junto con *Aulacoseira* sp. 1, lo que podría indicar algún tipo de disturbio antrópico que coincidiría con el establecimiento de pobladores estables en El Chaltén, que como fue mencionado anteriormente, comenzó en 1985 AC (Blanco, 2003).

9.2.4 Inferencias paleoambientales

En VER17-1, en la subzona A1 (1362 - 1611 AC) la dominancia casi absoluta de las dos *Aulacoseira* spp. permite inferir que el nivel de agua fue suficientemente alto como para que estas especies planctónicas/ticoplanctónicas pudieran desarrollarse.

Fey et al. (2009), en su trabajo sobre la laguna Las Vizcachas (ubicada en la zona andina, al suroeste de Santa Cruz), hipotetizan que desde el siglo 12 hasta mediados del 14 (correspondería parcialmente al período de la Anomalía Climática Medieval (ACM) en el hemisferio Norte) el clima fue húmedo con abundantes precipitaciones y sostienen que hubo regímenes de precipitación inversos al Oeste y al Este del sur de la Patagonia argentina, con condiciones mucho más húmedas al Oeste que al Este. Con las restricciones que imponen las posibles diferencias en los modelos de edad/profundidad, lo inferido para el comienzo de la subzona A1 de la laguna Verde coincidiría con el final del período descrito por Fey et al. (2009).

Para el mismo testigo, en la subzona A3 (entre 1620 y 1870 AD) ocurre el máximo de la abundancia relativa de *Aulacoseira* sp. 1. Basandonos en lo observado en el set de calibración, podríamos relacionar a este taxón con condiciones climáticas frías. La elevada abundancia relativa de *Aulacoseira* sp. 1 y la mayor abundancia total de diatomeas nos permiten inferir un nivel hidrológico más alto que en las subzonas anteriores. Este período, más frío y más húmedo, podría considerarse como sincronico a la Pequeña Edad de Hielo (PEH). En Patagonia Austral, y para aproximadamente el mismo período de tiempo, se infirieron condiciones frías, húmedas y con aumento en las precipitaciones (Haberzettl et al., 2005, para la laguna Potrok Aike; Markgraf et al., 2003, para el lago Cardiel; Fey et al., 2009 y Quintana et al., 2018, para la laguna Vizcachas). Paralelamente, los patrones de temperatura reconstruidos a partir de anillos de árboles por Villalba et al. (2003), señalaron un extenso período de frío desde 1640 a 1850 AC en el sector sur de los Andes. El pico máximo de abundancia total de diatomeas observado en la parte superior de esta subzona puede estar relacionado a la salida de la PEH, donde las condiciones ambientales habrían sido algo más cálidas.

La abundancia relativa de *Aulacoseira* sp.1 en las siguientes zonas B, C, D y E del testigo VER17-1, nos indicaría que el clima habría continuado siendo frío pero menos húmedo que en la zona A ya que se aprecia una marcada disminución de la abundancia total de diatomeas. No hay que olvidar que estas zonas están interrumpidas por tres eventos volcánicos (VT1, VT2, VT3) que podrían haber limitado el desarrollo normal de las comunidades.

El pico de *Aulacoseira* sp. 1 en la zona B del testigo GEM15-2 podrían estar indicando momentos fríos relacionable con la PEH. Su ausencia en otros sectores, podría estar indicando un nivel de la laguna demasiado bajo como para que este taxón planctónico/ticoplanctónico pueda desarrollarse (menor cantidad de precipitaciones?). Por otra parte, las zonas A y C, donde domina *Staurosirella* sp. 12 y otras diatomeas epífitas, podrían estar señalando un menor nivel de agua o un mayor desarrollo de la zona litoral. Sin embargo, si postulamos que la zona C puede ser parcialmente relacionada a la salida de la PEH, en ese periodo los vientos del oeste fueron de gran intensidad por los que podría afirmarse el supuesto hecho por Fey et al. (2009) sobre el desprendimiento de las diatomeas epífitas de la zona litoral y su arrastre hacia el centro de la laguna a través de los movimientos ondulatorios del agua causados por el viento.

En cuanto a las zonas D y E de GEM15-2, por la abundancia de *Aulacoseira* sp. 1, podríamos decir que podrían haber sido periodos comparativamente más húmedos que en las zonas anteriores y que la laguna habría tenido un nivel hidrológico más alto.

9.3 Funciones de transferencia

Los resultados de los análisis numéricos y estadísticos realizados explican casi un 13 % de la variabilidad de los ensambles, lo que puede atribuirse a la amplitud del gradiente ambiental analizado y también a que no se incluyeron en el análisis algunas variables (como el fósforo o el nitrógeno) que podrían haber aportado más información pero de las que no se tenían datos para todos los sitios analizados. La baja explicación por parte de las variables ambientales puede estar reflejando la heterogeneidad de las muestras analizadas, por lo que la reconstrucción podría ser poco confiable.

Como los sitios estudiados tienen aguas circumneutrales a alcalinas, no quedó representado un gradiente muy marcado de variación del pH. Si bien la conductividad tuvo un mayor rango de variabilidad, este gradiente no representa un continuo, sobre todo en los valores más altos, donde hay un salto entre los 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de la laguna Potrok

Aike a los 55.900 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de la laguna Flamenco. Los resultados de los análisis multivariados previos al desarrollo de las funciones de transferencia calculadas para las variables consideradas (pH, temperatura y conductividad) sugieren que, entre otros parámetros, la conductividad es la que tiene mejor poder explicativo en la distribución de los ensambles de diatomeas actuales, en comparación con las otras dos variables analizadas. Hassan (2015) señala que existe una relación significativa entre la composición de los ensambles de diatomeas, la conductividad, el pH y, además, la profundidad en los lagos pampeanos que ella estudió, alentando su uso como indicadores de cambios ambientales pasados.

El coeficiente de determinación ($\text{bootstrapping } r^2=0,61$, $\text{RMSEP}=0,41$) de la FT para la conductividad fue un poco más bajo que el obtenido por Hassan (2009) en la única FT desarrollada con diatomeas, hasta el momento, para ambientes continentales de Argentina ($r^2=0,77$). Los residuales de las FT para todas las variables analizadas, pero en particular para conductividad, muestran una tendencia a la sobreestimación de esta última en los sitios de valores más bajos de conductividad y una subestimación donde los valores eran más altos; esto nos sugiere que la reconstrucción de la conductividad debería ser interpretada con cautela en los valores extremos.

Las relaciones λ_1/λ_2 calculadas en los CCA fueron siempre inferiores a 1, valor que Ter Braak (1988) postuló que indicaría que la variable representa un gradiente ecológico importante y tiene potencial de ser útil en el set de calibración. El valor obtenido para la conductividad (0,7), según lo señalado por Juggins (2013) representaría la existencia de respuestas conjuntas de distintas variables en el set de calibración. Los valores obtenidos para el pH y la temperatura fueron aún más bajos (0,3), por esta razón es que en este trabajo sólo presento una reconstrucción de la evolución de la conductividad en las dos secuencias sedimentarias estudiadas.

Otro de los puntos de discusión en la literatura referida a las funciones de transferencia, es el tamaño que deberían tener las bases de datos. Un set de calibración que incluya un gran número de ambientes es ideal porque maximiza la probabilidad de tener análogos modernos cercanos que permitan inferir las condiciones paleoambientales a partir de los ensambles fósiles. En este estudio se combinó la base de datos ya existente (Echazú, 2012) y se agregaron algunos sitios, dando un total de 47, que es un número mayor de sitios de muestreo que los utilizados para la FT basada en diatomeas para la región de la Pampa (Hassan et al., 2009, 40 sitios). Sin embargo, deberían considerarse las diferencias ambientales en las regiones estudiadas (Pampa y Patagonia) como así

también el gradiente que representan los sitios analizados en cada caso. En otras partes del mundo, las funciones de transferencia basadas en diatomeas se hacen utilizando más de 100 sitios (Reavie & Edlund, 2013). Los sets de calibración desarrollados para Patagonia utilizando otros *proxies*, involucraron entre 60 y 115 muestras (Tonello et al., 2009; Massafiero & Larocque-Tobler, 2013; Schäbitz et al., 2013). Reavie y Juggins (2011) mostraron cómo mejora el rendimiento de los modelos basados en diatomeas con la inclusión de más muestras en un set de calibración y demostraron que el tamaño de muestra requerido para optimizar el rendimiento del modelo depende de la variabilidad física, química y biológica en la región en estudio. Al evaluar la representatividad de los ensambles fósiles en el conjunto de datos actuales, el porcentaje de taxones compartidos fue de 39%. Por lo que teniendo en consideración los datos de la literatura, se deberían seguir investigando nuevos sitios para poder mejorar la representatividad de la heterogeneidad de la región en estudio y como ha sido mencionado antes, incrementar la cantidad de variables consideradas.

Las reconstrucciones de la conductividad realizadas para los dos testigos estudiados indican que no hubo cambios notables a lo largo del tiempo de la depositación, incluso el valor medio (11 y 10 para GEM15-2 y VER17-1 respectivamente) es comparable con los valores medidos en los últimos 3 años, reportados por Mayr et al. (2018; 20-30 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para la laguna Verde y 16-20 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para la laguna Gemelas Este). Los máximos de conductividad inferidos para VER17-1 parecen estar relacionados con los impactos ocasionados por las erupciones volcánicas mientras que en GEM15-2 podrían estar relacionados con los niveles hidrológicos de la laguna, lo que sería razonable suponer para una laguna poco profunda sin afluentes en superficie, donde la pérdida de agua por evaporación puede ser mayor que su ingreso a la cuenca.

El análisis de los datos obtenidos muestra la complejidad de las respuestas ecológicas de las diatomeas a las diferentes variables ambientales. Estos resultados ponen en evidencia la importancia de intensificar los relevamientos de la diversidad de la diatomoflora patagónica, aumentando no solo el número de los ambientes a estudiar sino también los parámetros físicos y químicos a medir, recabando, asimismo, datos sobre la geología, la hidrología, la vegetación, la diversidad de hábitats y los microambientes disponibles para las diatomeas.

10. Conclusiones

El análisis de los ensambles diatomológicos y su distribución respecto a las variables ambientales no reveló un patrón definido. Al comparar los ensambles de diatomeas de los distintos cuerpos de agua estudiados, se vio que no compartían muchas especies y que, en general, algunas lagunas tenían especies exclusivas. Sin embargo, se pudieron ver diferencias entre los cuerpos de agua de estepa y los andinos. La conductividad fue la variable que pareció estar más relacionada con la distribución de los ensambles de diatomeas para este set de calibración, mientras que el pH y la temperatura tuvieron un poder explicativo mucho más bajo. A pesar de esto, considero que esta distribución podría estar condicionada por una mezcla de variables o por variables no consideradas en este estudio. Por lo tanto, se acepta parcialmente la Hipótesis 1, la cual postulaba que la composición y estructura de los ensambles diatomológicos de los sitios estudiados son diferentes en función de los parámetros ambientales (pH, temperatura y conductividad) para cada cuerpo de agua. Nuevamente, estos resultados confirman la importancia de intensificar los relevamientos de la diversidad de las diatomeas de Patagonia austral y poder disponer de datos de otros parámetros físicos y químicos.

A partir de las variaciones de los ensambles diatomológicos en las secuencias sedimentarias estudiadas, se pudieron reconocer cambios ambientales ocurridos en las lagunas Verde y Gemelas Este, por lo que se acepta la segunda Hipótesis propuesta. Las diferencias encontradas en la respuesta de los ensambles frente a los cambios se podrían atribuir principalmente a la localización de estos dos cuerpos de agua en los extremos opuestos de un gradiente de humedad Oeste-Este. A lo largo de las secuencias analizadas, los ensambles diatomológicos mostraron variaciones que podrían relacionarse con eventos de alcance global como fue la Pequeña Edad de Hielo y compararse con los resultados obtenidos del análisis de otros *proxies* en otros registros sedimentarios de la Patagonia austral. Además, como esos registros sedimentarios corresponden a cuerpos de agua de la estepa patagónica, queda en evidencia la importancia de intensificar los estudios en la zona andina y de esta manera, poder comprender mejor las semejanzas y diferencias climáticas al Oeste y al Este de la Patagonia argentina durante el Holoceno.

Los eventos volcánicos registrados durante la depositación de ambos testigos causaron una disminución en la abundancia total de diatomeas por lo que aceptamos la Hipótesis 3. En particular, la laguna Verde pareció ser más sensible, ya que no solo fue afectada la abundancia total de diatomeas sino que, en particular, la proporción de

especies planctónicas / ticoplanctónicas, se encontró desfavorecidas debido al aumento de la turbidez que habría ocasionado la gran cantidad de partículas en suspensión procedentes de la erupción. Por el contrario, la laguna Gemelas Este, como consecuencia de su ubicación más desprotegida que Verde, pareció ser más vulnerable a los cambios en la intensidad de los vientos del oeste. Al realizar la reconstrucción de la conductividad para ambos sitios, los aumentos inferidos para la laguna Verde parecen estar relacionados estrictamente con las tefras mientras que para la laguna Gemelas Este, no todos los aumentos de la conductividad pudieron ser relacionados con los eventos volcánicos.

En cuanto a la Hipótesis 4, planteaba determinar el origen de la materia orgánica a lo largo de las secuencias sedimentarias analizadas a partir de los resultados obtenidos de las señales isotópicas de C y N. La falta de un marco teórico establecido para la región andina no me permite aceptar o rechazar esta hipótesis, ya que no podría asignar una fuente de materia orgánica con precisión, sin embargo, podría inferir una mayor contribución de la biomasa algal mediante la relación C/N.

11. Consideraciones finales

Los resultados obtenidos en el presente trabajo demuestran nuevamente el potencial de los sedimentos lacustres como archivos ambientales ya que pudimos contribuir al conocimiento de los cambios ambientales ocurridos en la región de la Patagonia austral durante el Holoceno tardío y, además, remarcar la importancia de analizar conjuntamente diferentes *proxies* para poder realizar inferencias más precisas. La construcción de los set de calibración ayuda no solamente a entender la ecología de los organismos, en este caso diatomeas, sino también para entender mejor la historia que cuentan en los ensambles fósiles.

Finalmente, considero este trabajo representa un aporte al conocimiento de la biodiversidad de diatomeas para la región Patagónica que puso en evidencia la necesidad de precisar la metodología para poder reconocer tanto especies nuevas, como otras que no habían sido mencionadas antes para la región e impulsa a seguir analizando otros sitios de la Patagonia austral y así poder acercarse a conocer la dimensión real de esta biodiversidad. Además, en mi opinión, este trabajo acentúa la importancia de la identificación precisa de las especies no sólo para conocer la diversidad sino para su utilización en otro tipo de estudios como son los paleolimnológicos.

Anexo I

Tabla 3. Taxones identificados en las lagunas estudiadas (x = Presente). *Especies registradas por primera vez para Santa Cruz. **Especies registradas por primera vez para Argentina.

[illegible]

[illegible]

cont.		13-82	13-88	13-91	13-49	13-43	13-63	13-38	13-37	13-51	13-57	13-48	13-53	13-90	15-1	15-3	15-8	15-9	15-12	15-15	16-1	16-2	16-3	16-4	16-5	16-6	16-7	
FRAAMP	<i>F. aff. amphicephaloides</i> L.Bert.																				x	x	x			x		
FRAPEC	<i>F. aff. pectinalis</i> (O.F.Müller) Lyngbye	x																										
FRASP3	<i>Fragilaria</i> sp. 3	x											x	x							x		x			x		
FRASUB	<i>Fragilariforma virescens</i> var. <i>subsalina</i> (Grun.)Bukht.	x																										
FRUAMO	<i>Frustulia amosseana</i> L.Bert **			x								x																
FRUSAX	<i>F. saxonica</i> Rabenh.			x								x									x							
GOMACU	<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehrenb.											x							x									
GOMGRA	<i>G. gracile</i> Ehrenb.	x x x x x x x x																										
GOMLAG	<i>G. lagenula</i> Kütz.		x		x				x		x				x	x	x	x										
GOMOLI	<i>G. olivaceum</i> (Hornemann) Bréb.	x x x																										
GOMPAT	<i>G. patagonicum</i> Krasske																						x			x		
GOMPPUM	<i>G. pumilum</i> (Grun.) Reich. & L.Bert.	x x x																										
GOMVAR	<i>G. varioireduncum</i> Jüttner, et al **				x																							
GOMCAP	<i>G. aff. capitatum</i> Ehrenb.	x x x																										
GOMNAV	<i>G. aff. naviculoides</i> W.Smith				x																							
GOMSUB	<i>G. aff. subclavatum</i> (Grun.) Grun.	x																										
GOMTRU	<i>G. aff. truncatum</i> Ehrenb.								x																			
GOMSP11	<i>Gomphonema</i> sp. 11	x x x x x x x x																										
GYRACU	<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kütz.) Rabenh.					x	x					x																
HALMR	<i>Halamphora mira</i> (Krasske) Levk. *	x																										
HALOLI	<i>H. oligotraphenta</i> (L.Bert.) Levk.								x							x												
HALTEN	<i>H. tenerrima</i> (Aleem & Hust.) Levk.	x	x	x	x								x															
HALVEN	<i>H. veneta</i> (Kütz.) Levk.	x																				x	x	x				
HANAMP	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenb.) Grun.	x x x x																										
HANVIR	<i>H. virgata</i> (Roper) Grun.			x																								
HIPHUN	<i>Hippodonta hungarica</i> (Grun.) L.Bert. et al	x x x																										
ICODEL	<i>Iconella delicatissima</i> (Lewis) Ruck & Nakov			x					x						x													
ICOLIN	<i>I. linearis</i> (W.Smith) Ruck & Nakov	x x																										
ICOSPL	<i>I. splendida</i> (Ehrenb.) Ruck & Nakov.						x																					
KARCLE	<i>Karayevia clevei</i> (Grun.) Round	x		x	x	x			x	x	x		x							x		x			x	x		
LUTAUS	<i>Luticola austroatlantica</i> V. de Vij. et al **									x												x				x		
LUTAUSM	<i>L. australomutica</i> Van de Vijver **	x																										
LUTBN	<i>L. binodeformis</i> Levk., Metz. & Pav.**	x																										
LUTCOG	<i>L. cognata</i> Levk., Metz. & Pav.**	x x																										
MASLAC	<i>Mastogloia lacustris</i> (Grun.) Grun.								x																			
MASSP2	<i>Mastogloia</i> sp. 2	x																										

cont.		13-82	13-88	13-91	13-49	13-43	13-63	13-38	13-37	13-51	13-57	13-48	13-53	13-90	15-1	15-3	15-8	15-9	15-12	15-15	16-1	16-2	16-3	16-4	16-5	16-6	16-7						
MICNAU	<i>Microcostatus naumannii</i> (Hust.) L.Bert.																				x					x							
MUEPAT	<i>Muelleria patagonica</i> (Müller) Freng. *	x																															
MUEUND	<i>M. undulatoides</i> V. de Vij. et al **																			x						x							
NAVANG	<i>Navicula angusta</i> Grun.	x																															
NAVANT	<i>N. antonii</i> L.Bert.									x											x	x											
NAVCAP	<i>N. capitatoradiata</i> H.Germain	x		x	x		x		x	x		x																					
NAVCRYT	<i>N. cryptotenella</i> L.Bert.														x				x	x	x		x			x							
NAVGRE	<i>N. gregaria</i> Donkin	x																															
NAVPER	<i>N. peregrina</i> (Ehrenb.) Kütz.											x																					
NAVRAD	<i>N. radiosa</i> Kütz.	x x x																															
NAVRHY	<i>N. rhynchocephala</i> Kütz.																									x							
NAVSAL	<i>N. salinicola</i> Hust.	x																															
NAVTRI	<i>N. tripunctata</i> (Müll.) Bory	x				x						x	x																				
NAVVEN	<i>N. veneta</i> Kütz.	x x																															
NAVGER	<i>N. aff. germainii</i> Wallace									x			x																				
NAVSP 6	<i>Navicula</i> sp. 6	x																															
NEIBS	<i>Neidium bisulcatum</i> (Lagerst.) Cleve																				x												
NESUB	<i>N. subampliatum</i> (Grun.) Flower			x														x	x	x		x	x					x	x				
NITAND	<i>Nitzschia andicola</i> L.Bert. & Rumrich *	x																															
NITBAC	<i>N. bacillum</i> Hust.	x x																															
NITFON	<i>N. fonticola</i> (Grun.) Grun.			x								x	x	x		x	x	x	x														
NITFRU	<i>N. frustulum</i> var. <i>minutula</i> Grun.	x																															
NITGAN	<i>N. gandersheimiensis</i> Krasske												x																				
NITPAL	<i>N. palea</i> (Kütz.) W.Smith	x x																															
NITPALE	<i>N. paleacea</i> (Grun.) Grun.									x											x		x			x							
NITPUS	<i>N. pusilla</i> Grun.		x	x		x		x														x	x									x	
NITREC	<i>N. recta</i> Hantzsch ex Rabenh.			x																													
NITSOR	<i>N. soratensis</i> Morales & Vis **	x x																															
NITVAL	<i>N. valdestriata</i> Aleem & Hust.	x																															
NITVER	<i>N. vermicularoides</i> L.Bert.	x x x x																															
NITINC	<i>N. aff. inconspicua</i> Grun.		x		x																												
NITSUB	<i>N. aff. subacicularis</i> Hust.	x																															
NUPSP	<i>Nupela</i> sp. 1				x																												
ODOMES	<i>Odontidium mesodon</i> (Kütz.) Kütz.	x																															
PEQFRA	Pegueñas fragilarioides	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x						
PINBOR	<i>Pinnularia borealis</i> Ehrenb.	x x x																															

cont.		13-82	13-88	13-91	13-99	13-43	13-63	13-38	13-37	13-51	13-57	13-48	13-53	13-90	15-1	15-3	15-8	15-9	15-12	15-15	16-1	16-2	16-3	16-4	16-5	16-6	16-7
PINBREA	<i>P. brebissonii</i> var. <i>acuta</i> Cleve-Euler			x																							
PINCAL	<i>P. caloneiformis</i> Hust. **									x																	
PINGRA	<i>P. graciloides</i> var. <i>rumrichae</i> Kramm.											x															
PINLUN	<i>P. lundii</i> var. <i>linearis</i> Kramm. *			x																							
PINMAJ	<i>P. major</i> f. <i>subacuta</i> (Ehrenb.) Cleve												x														
PINMIC	<i>P. microstauron</i> (Ehrenb.) Cleve			x																							
PINNEO	<i>P. neomajor</i> var. <i>inflata</i> Kramm.						x																				
PINPSE	<i>P. pseudosimilis</i> Kramm. *			x																							
PINREN	<i>P. renata</i> Kramm.							x												x	x	x	x				
PINAPP	<i>P. aff. appendiculata</i> (C.Agardh) Schaarschmidt												x														
PINSP II	<i>Pinnularia</i> sp. 11										x																
PINSP 18	<i>Pinnularia</i> sp. 18	x																									
PINSP 24	<i>Pinnularia</i> sp. 24															x		x									
PINSP 27	<i>Pinnularia</i> sp. 27												x														
PLAELGC	<i>Placoneis elginensis</i> var. <i>cuneata</i> (Møller) L.Bert. **								x																		
PLAPAR	<i>P. paraelginensis</i> L.Bert.																			x	x	x					
PLACHI	<i>P. aff. chilensis</i> L.Bert. & U.Rumrich									x									x			x		x	x		
PLASP 7	<i>Placoneis</i> sp. 7																						x	x	x	x	
PLANAUE	<i>Planothidium aueri</i> (Krasske) L.Bert.				x				x																		
PLANCON	<i>P. conspicuum</i> (Mayer) Morales	x	x																								
PLANDEL	<i>P. delicatulum</i> (Kütz.) Round & Bukht.	x	x																								
PLANFRE	<i>P. frequentissimum</i> (L.Bert.) L.Bert.	x		x		x							x						x		x						x
PLANLAN	<i>P. lanceolatum</i> (Bréb. ex Kütz.) L.Bert.	x		x															x					x			
PLANMIN	<i>P. minutissimum</i> (Krasske) Morales		x					x																			
PLANOES	<i>P. oestrupii</i> (Cleve-Euler) M.B.Edlund	x		x																							
PLANROS	<i>P. rostratum</i> (Østrup) L.Bert.																			x	x	x			x		x
PSAABU	<i>Psamothidium abundans</i> (Mang.) Bukht.&Round								x				x														
PSABIR	<i>P. bioretii</i> (Germ.) Bukht. & Round			x																							
PSADID	<i>P. didymum</i> (Hust.) Bukht. & Round								x									x									
PSAHEL	<i>P. helveticum</i> (Hust.) Bukht. & Round **				x						x		x														
PSAMAR	<i>P. marginulatum</i> (Grun.) Bukht. & Round								x																		
PSASUB	<i>P. subatomoide s</i> (Hust.) Bukht. & Round			x	x				x				x		x	x			x		x						x
PSETEN	<i>Pseudofallacia tenera</i> (Hust.) Y.Liu et al	2, 7				x																					
PSEUSOP	<i>P. sopotensis</i> (Witk. & L.Bert.) Morales et al												x														
PSEUELL	<i>Pseudostaurosira</i> aff. <i>elliptica</i> (Schum.) Edlund et al										x																
REIUNI	<i>Reimeria uniseriata</i> Sala, J.M.Guer. & Ferrario											x								x							

[illegible]

Tabla 9. Taxones identificados en el testigo VER17-1 (x = Presente).

[illegible]

cont.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
<i>N. heimansioides</i> L.Bert.	x	x			x	x		x																												
<i>N. radiosa</i> Kütz.													x				x		x																	
<i>N. aff. germainii</i> Wallace																							x	x	x	x	x									
<i>Navicula</i> sp. 35												x						x	x	x																
<i>Navicula</i> sp. 27																				x		x														
<i>Neidiomorpha binodiformis</i> (Kramm.) Cant. et al																						x	x			x	x	x								
<i>Neidium affine</i> (Ehrenb.) Pfitzer						x											x	x					x													
<i>N. subampliatum</i> (Grun.) Flower	x																	x					x					x								
<i>Nitzschia amphioxoides</i> Hust.												x					x		x																	
<i>N. fonticola</i> (Grun.) Grun.				x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x																			
<i>N. frustulum</i> var. <i>minutula</i> Grun.			x								x	x	x			x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x					x			
<i>N. recta</i> Hantz. ex Rabenh.			x								x		x	x	x	x	x	x				x	x	x	x		x	x								
<i>N.vermicularoides</i> L.Bert.	x																					x														
<i>Odontidium mesodon</i> (Kütz.) Kütz.															x	x		x	x		x	x	x				x									
Pequeñas fragilarioides	x	x	x		x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	
<i>Pinnularia brebissonii</i> var. <i>acuta</i> Cleve-Euler	x																																			
<i>P. caloneiformis</i> Hust.	x										x																									
<i>P. divergens</i> W.Smith																			x						X											
<i>P. graciloides</i> var. <i>rumrichae</i> Kramm.																																				
<i>Pinnularia</i> sp. 27	x	x	x				x				x	x	x	x			x	x	x	x		x	x	x		x	x	x			x			x	x	
<i>Psamothidium didymum</i> (Hust.) Bukht. & Round						x					x																									
<i>P. marginulatum</i> (Grun.) Bukht. & Round																x			x																	
<i>P. subatomoides</i> (Hust.) Bukht. & Round					x	x	x	x			x	x	x	x	x		x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x						x	x	
<i>Pseudofallacia</i> sp. 1													x		x	x			x	x	x							x	x							
<i>Pseudostaurosira</i> sp. 4	x																			x																
<i>Sellaphora pupula</i> Φ 'cf. large' sensu Mann		x	x				x								x				x	x														x		
<i>S. pupula</i> Φ 'slender' sensu Mann	x	x			x							x				x	x	x			x	x		x	x	x	x							x		
<i>S. tridentula</i> (Krasske) Wetzel															x				x	x			x						x							
<i>Sellaphora</i> sp. 1	x	x	x		x		x				x	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x				x	x					x		x	
<i>Sellaphora</i> sp. 2	x				x	x				x		x			x				x															x		
Kul.&L.Bert.															x																					
<i>Stauroneis acidojarensis</i> Zidarova et al	x	x					x														x															
<i>S. reichardtii</i> L.Bert. et al							x																x	x			x	x								
<i>S. aff. bryocola</i> V. de Vij. & L.Bert.																				x																
<i>Surirella angusta</i> Kütz.																				x																
<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kütz.	x	x	x				x																													
<i>Veigaludwigia urbana</i> (Krass.) L.-Bert. & Rumrich																																				

Tabla 10. Abundancias relativas de las especies con $\geq 5\%$ en las muestras del testigo VER17-1.

	ACHLUS	ACHMAC	ACHMIN	AULSP1	AULSP2	CAVVAR	ENCSIL	GOMPAT	ICOLIN	NITERU	NITREC	PEQFRA	PSASUB	SELPUPS	SELSP1	SELSP2	TABELO
1	0.0	0.0	0.0	18.8	54.2	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	2.8	0.1	0.4	9.4
2	0.0	1.0	0.7	19.8	54.5	1.5	0.0	0.0	0.5	1.2	0.7	1.7	0.0	0.5	0.7	0.0	4.7
3	0.0	0.4	0.0	20.9	75.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1
4	0.0	0.0	0.0	54.4	43.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.3	0.0	59.2	30.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.3	0.5	0.3	3.6	0.0
6	0.0	6.3	0.2	32.4	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	5.8	0.0	0.0	21.7	0.0
7	0.0	0.5	0.5	37.2	38.2	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.7	0.0	0.2	0.0	7.6
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.0	16.6	0.6	0.0	0.0	7.2	1.0	1.0	0.0	3.5	0.0	3.3	2.9	0.0	16.6	16.8	0.0
11	0.0	52.6	3.1	3.8	0.0	0.9	2.2	0.0	0.7	7.3	1.1	3.6	0.4	0.0	8.0	0.0	0.0
12	6.3	0.0	1.5	71.9	0.0	0.0	1.5	0.0	0.2	1.9	0.0	3.9	2.5	0.2	0.3	2.2	0.0
13	0.0	2.9	0.6	78.2	0.0	0.0	0.1	3.9	0.0	0.0	0.6	3.9	2.1	0.0	0.3	0.0	0.0
14	0.0	10.7	5.0	54.8	0.6	0.4	0.5	5.1	0.0	0.0	0.4	7.5	4.2	0.0	0.8	0.0	0.0
15	21.5	0.0	5.8	24.2	0.0	0.0	1.1	13.3	0.2	0.5	2.0	6.9	0.0	0.5	2.9	2.6	0.0
16	0.0	16.3	17.3	2.4	0.0	1.4	1.8	8.2	0.2	5.1	2.4	9.0	1.8	2.7	0.6	0.0	0.0
17	0.0	3.5	4.7	0.9	0.0	0.0	1.4	0.5	0.9	17.2	4.0	29.9	0.5	1.6	0.0	0.0	0.0
18	4.2	0.0	0.0	65.1	0.9	0.0	2.8	1.7	1.3	2.0	1.7	4.2	0.0	0.0	0.6	3.7	0.0
19	0.0	0.5	0.3	89.3	0.7	0.0	0.1	0.7	0.0	0.0	0.0	3.6	0.5	0.0	0.9	0.0	0.0
20	0.0	2.5	0.0	65.1	0.6	0.0	0.7	0.0	0.3	0.9	0.0	16.5	3.1	0.1	4.2	0.0	0.0
21	3.0	0.0	0.0	16.5	0.0	6.2	2.7	0.0	5.5	14.5	5.0	10.2	4.0	3.2	17.2	0.0	0.0
22	0.0	0.0	2.5	2.7	0.0	0.2	5.2	0.0	8.7	30.8	10.7	8.0	3.5	0.0	9.5	0.0	0.0
23	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.0	6.5	0.0	7.7	48.6	5.8	4.6	3.2	9.5	0.0	0.0	0.0
24	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0	11.1	0.0	8.8	31.1	20.6	4.1	7.8	1.0	0.0	0.0	0.0
25	0.0	0.2	0.0	7.4	3.2	0.0	5.0	0.0	6.5	40.2	0.0	4.5	10.7	11.7	0.0	0.0	0.0
26	0.0	0.0	0.0	28.0	19.9	0.0	1.0	0.0	2.7	16.1	6.5	4.2	1.2	6.0	1.0	0.0	0.0
27	0.0	0.0	0.0	45.6	47.1	0.0	0.8	0.0	0.2	2.5	0.4	1.5	0.2	0.0	0.4	0.0	0.0
28	0.0	0.3	0.0	41.5	57.5	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
29	0.0	0.0	0.0	37.7	62.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30	0.0	0.0	0.0	26.8	72.9	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
31	0.0	0.0	0.0	28.5	71.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
32	0.0	0.0	0.0	39.2	58.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0
33	0.0	0.0	0.0	42.9	51.7	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	4.2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
34	0.0	0.0	0.0	50.4	43.3	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
35	0.0	0.0	0.0	61.0	33.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.1	0.0	0.3	0.0	0.0
36	0.0	0.0	0.0	54.9	42.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
37	0.0	0.0	0.0	59.4	37.8	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
38	0.0	0.0	0.0	72.3	26.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
39	0.0	0.0	0.1	63.4	33.4	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	1.3	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0
40	0.0	0.0	0.0	62.1	35.6	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
41	0.0	0.3	0.0	57.3	38.7	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0
42	0.0	0.0	0.0	62.7	34.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0
43	0.0	0.0	0.0	54.2	45.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
44	0.0	0.0	0.0	36.1	63.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
45	0.0	0.0	0.0	30.5	69.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
46	0.0	0.0	0.0	41.9	57.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
47	0.0	0.0	0.0	24.7	75.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

cont.	ACHLUS	ACHMAC	ACHMIN	AULSP1	AULSP2	CAVVAR	ENCSIL	GOMPAT	ICOLIN	NITFRU	NITREC	PEQFRA	PSASUB	SELPUPS	SELSP1	SELSP2	TABELO
48	0.0	0.0	0.0	12.9	87.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
49	0.0	0.0	0.0	17.6	82.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
50	0.0	0.0	0.0	20.7	79.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
51	0.0	0.0	0.0	25.5	74.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
52	0.0	0.0	0.2	59.2	39.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
53	0.0	0.3	0.3	74.9	19.2	0.1	0.4	0.8	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
54	0.0	3.1	1.9	54.8	1.0	0.0	0.0	9.2	0.0	0.2	0.0	10.9	5.8	0.0	0.7	0.0	0.0
55	0.0	2.4	0.0	33.4	0.0	1.7	15.9	2.2	2.0	0.0	7.4	8.3	0.0	4.1	1.7	0.0	0.0
56	0.0	0.0	1.4	1.1	0.7	1.4	12.6	0.9	2.7	1.1	11.1	2.7	0.0	21.9	0.0	0.0	0.0
57	0.0	0.0	0.0	48.6	15.3	0.0	0.0	10.2	0.9	0.0	0.0	8.9	0.0	4.4	0.0	0.0	0.0
58	0.0	0.0	0.0	62.5	37.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
59	0.0	0.0	0.0	39.7	59.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
60	0.0	0.0	0.0	35.5	64.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
61	0.0	0.0	0.0	53.7	45.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7
62	0.0	0.0	0.0	54.3	45.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
63	0.0	0.0	0.0	61.4	38.2	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
64	0.0	0.0	0.0	46.4	53.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
65	0.0	0.0	0.0	49.0	50.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
66	0.0	0.0	0.0	46.0	53.2	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
67	0.0	0.0	0.0	37.1	62.7	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
68	0.0	0.0	0.0	33.3	66.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
69	0.0	0.0	0.0	43.2	56.5	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
70	0.0	0.0	0.0	27.0	73.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
71	0.0	0.0	0.0	28.0	72.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
72	0.0	0.0	0.0	35.5	60.3	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
73	0.0	0.0	0.0	44.3	55.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
74	0.0	0.0	0.0	39.5	59.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
75	0.0	0.0	0.0	38.0	61.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
76	0.0	0.0	0.0	37.6	61.6	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
77	0.0	0.0	0.0	32.5	67.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
78	0.0	0.0	0.0	49.0	50.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
79	0.0	0.0	0.0	23.5	76.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
80	0.0	0.0	0.0	34.8	64.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
81	0.0	0.0	0.0	46.1	51.9	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
82	0.0	0.0	0.0	44.0	56.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
83	0.0	0.0	0.0	44.3	54.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
84	0.0	0.0	0.0	40.3	57.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabla 11. Taxones identificados en el testigo GEM15-2 (x = Presente).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<i>Achnanthidium exiguum</i> (Grun.) Czarn.	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x			x		x			
<i>A. modestiforme</i> (L.Bert.) V. de Vij.	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x		x	x			x			
<i>A. aff. sieminskae</i> Witk. et al	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Aulacoseira</i> sp. 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Cavinula pseudoscutiformis</i> (Hust.) D.G.Mann & Stickle	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Craticula</i> sp. 3	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x						x	x
<i>Cymbella cistula</i> (Ehrenb.) O.Kirch.	x	x			x			x			x									
<i>Cymboplectra tsoneka</i> L.Bert. et al											x	x								
<i>Diploneis chilensis</i> (Hust.) L.Bert.																				
<i>Districella germainii</i> (Reich. & L.Bert.) Morales et al	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x								
<i>Encyonema difficilis</i> (Krasske) Kramm.			x	x	x					x	x						x			
<i>E. neogracile</i> Kramm.		x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>E. silesiacum</i> (Bleisch) D.G.Mann	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Encyonopsis microcephala</i> (Grun.) Kramm.	x		x		x	x	x	x	x		x									
<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehrenb.) Schaar.	x	x	x	x			x			x			x	x	x	x	x		x	x
<i>E. musicola</i> var. <i>tridentula</i> Nörpel & L.Bert.											x									
<i>Fragilaria</i> aff. <i>amphicephaloides</i> L.Bert.	x	x	x	x	x	x	x					x								x
<i>Frustulia saxonica</i> Rabenh.	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x							
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenb.	x	x	x	x	x	x	x	x				x	x	x					x	
<i>G. lagenula</i> Kütz.	x			x		x	x	x				x								
<i>G. patagonicum</i> Krasske	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x		x	x	x	x	x	x
<i>G. aff. subclavatum</i> Grun. sensu Rumrich 2000																				
<i>Gomphonema</i> sp. 29		x																		
<i>Gomphonema</i> sp. 33										x						x	x			
<i>Halimnophora tenerima</i> (Aleem & Hust.) Lev.	x					x	x													
<i>Humidophila</i> aff. <i>paracontenta</i> (L.Bert. & Werum) Lowe et al									x											
<i>Iconella delicatissima</i> (Lewis) Ruck & Nakov										x			x							
<i>Karayevia carissima</i> (L.Bert.) Bukht.													x	x	x	x				x
<i>Neidium subampliatum</i> (Grun.) Flower	x		x	x	x	x		x	x	x	x	x		x		x	x	x	x	x
<i>N. fonticola</i> (Grun.) Grun.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x								x
<i>Nupela lapidosa</i> (Krasske) L.Bert.			x	x	x	x	x		x	x	x	x				x	x	x		
<i>Odontidium mesodon</i> (Kütz.) Kütz.	x				x	x	x	x		x	x	x	x	x			x	x		
Pequeñas fragilarioides	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Pinnularia borealis</i> Ehrenb.	x			x																
<i>P. divergens</i> W.Smith	x							x												
<i>P. microstauron</i> var. <i>rostrata</i> Kramm.																				
<i>P. neomajor</i> var. <i>inflata</i> Kramm.	x																			
<i>P. septentrionalis</i> Kramm.													x							
<i>P. aff. appendiculata</i> (Agardh) Schaar.	x	x		x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Psammodium didymum</i> (Hust.) Bukht. & Round	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x			x					
<i>P. marginulatum</i> (Grun.) Bukht. & Round	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Sellaphora tridentula</i> (Krasske) Wetzel													x	x	x	x		x		x
<i>Sellaphora</i> sp. 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Sellaphora</i> sp. 2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Stauroneis acidojarensis</i> Zidar. et al	x	x	x	x							x									
<i>S. subaustralis</i> V. de Vij. & L.Bert.		x							x	x	x				x					
<i>Surirella minuta</i> Bréb. ex Kütz.	x		x									x	x	x						

Tabla 12. Abundancias relativas de las especies con $\geq 5\%$ en muestras del testigo GEM15-2

	ACHSEI	AULSP1	ENCSEL	KARCLE	NITFON	PINAPP	PSAMAR	SELSP1	SELSP2	STAUSP12
1	2.0	21.8	2.3	0.0	38.0	1.5	10.0	2.6	6.8	0.0
2	2.2	59.7	2.5	0.0	3.2	0.7	16.5	2.9	2.4	0.5
3	5.2	46.8	0.0	0.0	9.7	0.0	18.4	5.0	1.5	0.6
4	1.1	55.4	4.3	0.0	7.6	1.2	4.5	3.9	1.4	1.7
5	2.6	38.6	3.4	0.0	10.3	1.8	14.4	3.7	3.1	2.3
6	6.0	17.1	2.6	0.0	32.5	0.5	14.9	1.9	1.4	1.6
7	8.5	8.8	1.4	0.0	38.6	0.2	16.5	1.2	2.3	0.3
8	7.6	8.1	3.8	0.0	36.1	1.1	18.0	0.9	0.4	0.8
9	8.4	8.6	4.4	0.0	15.0	0.0	25.8	2.6	0.8	2.0
10	2.1	69.5	3.5	0.0	0.3	1.1	5.6	9.3	1.9	1.5
11	0.5	76.4	3.4	0.0	0.0	0.9	2.9	2.9	1.7	1.3
12	1.4	9.5	12.1	0.0	0.7	1.4	29.6	1.2	3.3	17.8
13	3.4	3.4	10.4	8.6	0.0	2.3	32.5	9.6	0.5	9.6
14	4.7	9.2	7.0	1.7	0.0	1.1	30.9	20.9	3.4	12.4
15	4.4	12.3	5.4	6.7	0.0	1.5	27.6	23.2	1.7	8.4
16	0.7	58.0	3.0	0.7	0.0	0.7	3.2	24.9	0.9	0.9
17	2.2	30.1	4.0	0.0	0.0	1.8	7.8	41.2	1.2	5.3
18	2.6	34.8	3.8	0.0	0.0	2.1	9.9	38.6	1.7	2.6
19	2.8	35.1	8.4	0.0	0.0	2.4	9.2	28.1	1.6	5.2
20	3.8	0.0	9.1	3.2	0.2	2.5	23.5	42.9	4.2	5.5
21	6.2	9.0	8.0	0.0	0.0	6.0	26.4	26.9	4.0	6.5
22	4.7	1.3	14.1	0.9	3.4	1.5	6.2	40.0	3.2	21.2
23	9.6	1.4	5.0	7.1	9.1	0.5	16.6	21.4	3.6	15.7
24	5.7	4.2	7.7	0.0	3.7	1.0	7.5	27.6	3.2	22.6
25	2.3	21.6	6.2	4.1	0.0	0.7	11.2	27.8	2.1	12.2
26	2.0	51.0	7.2	3.3	0.0	1.0	7.0	21.1	1.2	2.0
27	0.0	55.2	8.1	1.2	0.0	2.2	4.1	21.1	1.6	0.2
28	7.8	0.4	11.0	0.0	0.0	2.8	8.2	56.1	1.4	6.4
29	2.1	1.2	17.8	0.0	0.0	3.3	10.5	55.8	1.9	2.7
30	2.7	0.4	12.2	0.0	0.0	3.3	5.9	57.0	2.9	11.5
31	4.9	0.0	18.6	4.2	0.0	5.9	8.0	39.2	2.9	8.4
32	1.2	0.2	11.7	0.0	0.0	2.6	8.7	42.1	13.8	14.6
33	4.0	0.5	22.1	0.0	0.0	5.9	13.4	35.5	3.3	9.9
34	7.8	0.2	14.9	0.0	0.2	4.2	15.2	34.7	3.9	10.3
35	2.8	1.0	21.8	0.0	0.0	0.3	7.5	43.6	6.3	10.3
36	1.0	0.7	9.6	0.0	0.0	0.5	17.4	24.6	30.5	10.3
37	0.0	1.5	37.5	0.0	1.0	1.7	8.9	22.6	5.7	7.7
38	0.0	3.8	38.5	0.0	0.0	7.5	2.0	32.3	1.3	0.3
39	3.9	0.7	33.3	0.0	0.7	3.7	3.2	43.0	2.7	3.7
40	2.9	1.2	22.9	0.0	2.9	2.9	5.5	47.7	3.9	4.1
41	5.0	0.2	19.5	0.0	6.2	3.3	5.7	36.2	2.4	17.9
42	14.0	2.0	16.7	0.0	9.0	5.0	11.0	25.7	1.5	9.7
43	11.2	2.2	13.2	0.0	10.0	7.7	17.5	21.2	3.0	7.2
44	5.3	0.5	20.6	0.0	11.7	4.5	6.7	32.8	3.1	9.3
45	0.0	0.9	24.8	0.0	8.4	5.1	1.3	35.3	1.6	17.7
46	2.2	0.9	17.3	0.0	14.2	2.4	3.1	36.3	1.5	21.0
47	0.0	0.5	22.7	0.0	3.7	6.4	2.0	37.5	0.5	22.2
48	6.7	0.5	10.6	0.0	9.2	1.2	8.9	31.2	4.7	24.0
49	6.8	0.4	8.6	0.0	7.8	0.2	9.8	32.6	4.1	27.9
50	9.1	0.2	6.9	0.0	12.0	0.7	7.4	32.2	3.4	27.3
51	7.6	0.4	14.5	0.0	12.3	1.3	5.8	23.7	2.5	28.3
52	2.8	1.9	17.7	0.0	8.5	1.9	6.4	34.0	5.1	15.4
53	0.0	50.8	4.6	0.0	0.9	1.5	3.0	18.2	4.1	12.4
54	0.0	68.8	3.7	0.0	0.0	0.0	2.1	9.6	1.1	11.0
55	0.8	6.3	11.7	0.0	5.9	3.6	4.5	8.9	2.0	45.7
56	2.3	0.2	7.1	0.0	13.9	1.6	12.5	7.1	7.1	40.6
57	1.3	0.2	5.1	0.0	14.1	0.4	14.3	2.0	4.4	51.4
58	2.1	0.0	2.8	0.0	9.7	1.8	4.4	0.9	3.0	69.9
59	2.0	5.2	5.7	0.0	19.9	0.5	18.6	3.5	6.7	33.3

Tabla 13. Taxones identificados con sus principales características morfométricas. VSR: valva sin rafe; VCR: valva con rafe; Fib: fibulas; can: canales alares; proc lab: procesos labiados; cost: costillas.

Nombre	Fig.	Referencias	Longitud o diámetro (µm)	Ancho (µm)	L/A	Densidad de estrias en 10 µm		Otros en 10 µm	Comentarios
						estrias	areolas		
<i>Achnanthes</i> sp. 6	22-23		6,4-11,3	3,2-5,3	2-2,1	27	-	-	
<i>Achnanthes</i> sp. 14	24-25, 296		5-6,5	3-3,6	1,6-1,8	22-30	50	-	
<i>Achnantheidium exiguum</i>	26-27	102	13-18,7	7,2-8,9	1,8-2,1	18-25	-	-	
<i>A. macrocephalum</i>	28-29, 297-298	192	7,6-11,4	2,36-3,7	3-3,2	20-34	45-51	-	
<i>A. minutissimum</i>	30	170	9,9-14	2,3-3,5	4-4,3	29-32	-	-	
<i>A. modestiforme</i>	31-32, 299	18, 240, 114	7,5-10,4	2,4-3,9	2,6-3,1	25-38	30-40	-	El rango de longitud de la valva más amplio y algo más ancho
<i>A. aff. lailae</i>	33, 300	264	8,3-17,2	2-3,9	4,1-4,4	24-30	50	-	
<i>A. aff. lusitanicum</i>	34-35	166	6,9-11,4	3-3,8	2,3-3	20-24	30-32	-	El rango de amplitud es mayor y con mucho menor densidad de estrias
<i>A. aff. sieminskiae</i>	36-37, 301-302	263, 238	12,4-17,5	1,8-2,6	6,7-6,8	28-32	-	-	Son más angostos y con menor densidad de estrias
<i>Amphora copulata</i>	230	101	23,7-38	6,1-7,5	3,8-5	10-15	-	-	
<i>A. pediculus</i>	231, 347	101	7,5-10,6	2,1-3,3	3,2-3,5	20	-	-	
<i>Anomooneis costata</i>	94	101	83,4-115,6	21,5-24	3,8-4,8	14-15	-	-	
<i>A. sphaerophora</i>	93	101	54,2-110,8	15,3-20,6	3,5-5,3	16-17	-	-	
<i>Anorthoneis dulcis</i>	63-64, 317-318	66	9,8-17	5,8-11,4	1,4-1,6	17-30	19-33	-	
<i>Arcanodiscus platii</i>	11-12, 283	132	15,5	-	-	-	-	-	
<i>Asterionella formosa</i>	241	103	61,2-61,9	4,4-4,5	13,7-13,9	-	-	-	
<i>Aulacoseira distans</i> var. <i>distans</i>	3, 279	103, 210	4,1-5,8	-	-	19-23	22	-	
<i>A. distans</i> var. <i>laevissima</i>	2, 280	72, 103	7-10,3	-	-	17-28	17-20	-	
<i>A. granulata</i>	1	103	8,8-10,4	-	-	10-15	10	-	
<i>Aulacoseira</i> sp. 1	4-6, 281		4,8-7,7	-	-	18-20	15-17	-	
<i>Aulacoseira</i> sp. 2	7-9, 282		2,8-6,4	-	-	11-20	12-16	-	
<i>Brachysira microcephala</i>	135	199	28,5	4,3	6,6	28	-	-	
<i>Caloneis branderi</i>	151	101	19,7-29,6	3,7-5,2	5,3-5,6	20-22	-	-	
<i>C. aff. incognita</i>	150	135, 199	50,6	9,9	5,1	11	-	-	Es mucho más angosto que lo reportado en la literatura
<i>Cavinula cocconeiformis</i>	139	101, 199	13,6-14,9	8,1-8,4	1,6-1,7	37-40	40-42	-	
<i>C. pseudoscutiformis</i>	140	101, 199	11,4-11,8	9,1-9,9	1,1-1,2	30	-	-	
<i>C. scutiformis</i> var. ?	141	101, 199	14,4-14,6	9,9	1,4	20	20	-	Los rangos de longitud y de amplitud son menores

Nombre	Fig.	Referencias	Longitud o diámetro (µm)	Ancho (µm)	L/A	Densidad de estrias en 10 µm	Densidad de areolas en 10 µm	Otros en 10 µm	Comentarios
<i>C. variostriata</i>	142	101, 199	11,8-20,1	4,5-7	2,6-2,8	24-38	-	-	
<i>Chaetoceros muelleri</i>	13	103	23	-	-	-	-	-	
<i>Chamaepinnularia antarctica</i>	337	265	9,8	3,8	2,5	24	-	-	
<i>Cocconeis neuquina</i>	65-66, 319-320	51, 55	8,5-16	6,2-11	1,3-1,4	VSR: 10-20 / VCR: 20-34	16-20 / 30-40	-	
<i>C. pediculus</i>	67	83, 105	16-22,1	12,1-19,8	1,1-1,3	16-27	-	-	
<i>C. aff. euglypta</i>	68-69	105, 194	9,1-37,9	7,1-19,8	1,1-1,9	16-30	20-40	-	Los rangos de longitud y de amplitud son mayores, con una densidad algo más alta de estrias y areolas
<i>Craticula aff. obesa</i>	206	264	62	12,9	4,8	30	-	-	Es algo más angosto y con una mayor densidad de estrias.
<i>Craticula</i> sp. 3	207		28,9	5,5	5,2	20	-	-	
<i>Ctenophora pulchella</i>	242	260	73,5-76,6	4,8-5,5	13,9-15,3	15	-	-	
<i>Cyclotephanos patagonicus</i>	14, 285	60	20,9-31,1	-	-	5-6	-	-	
<i>C. salsae</i>	15, 286	133	9,2-22,5	-	-	5-7	-	-	
<i>Cyclotella agassizensis</i>	18, 287	77	23,8-27,5	-	-	5-7	-	-	
<i>C. ocellata</i>	19, 288	76	6,5-17,3	-	-	16-20	-	-	
<i>Cymbella cistula</i>	95	99, 101	47,2-66	12,4-14,3	3,8-4,6	9-10	25-30	-	
<i>C. excisa</i>	96	99	24,6	8	3	10	-	-	
<i>C. gravida</i>	97	189	29,1-43,8	9,8-11,6	2,9-3,7	10	-	-	
<i>Cymbellonitzschia minima</i>	70-71	74	18,3-23	3,1-3,3	5,9-6,9	-	-	8 fib	
<i>Cymbopleura lata</i>	98	100	50,5-67,5	19,9-20,9	2,5-3,2	8-9	21	-	
<i>C. naviculiformis</i>	99	100	50,7	12	4,2	11	-	-	
<i>C. tsonoka</i>	100	100	54,3-67,6	15,3-18,8	3,5	8-12	20	-	
<i>Denticula kuetzingii</i>	72	102	29,9-30,4	4,9-7,2	4,2-6,1	16-19	-	6-7 fib	
<i>Diatoma tenuis</i>	243	102	11,4-49,2	2,1-4,1	5,4-12	45-51	-	9-12 cost	
<i>Diatomella balfouriana</i>	244-245	243	10-15,3	3,5	2,8-4,3	20-23	-	-	
<i>Diploneis chilensis</i>	149	199	38,3-52	18,2-26,1	1,9-2,1	6-7	20	-	
<i>Discostella glomerata</i>	290	71, 103	4,2	-	-	-	-	-	
<i>D. stelligera</i>	20, 289	71, 103	6,1-9,8	-	-	7-12	-	-	
<i>Distironella germarii</i>	246	48, 163	75,3	3,6	20,9	16	-	-	
<i>Encyonema diffictis</i>	101	97	22-27,1	4,5-5,3	4,2-5,2	10	-	-	
<i>E. lange-beralotii</i>	102	97	20-20,3	6,4-7	2,8-3,1	14-15	-	-	
<i>E. neogracile</i>	103	97	22-42,9	4,5-6,3	4,2-7,2	10-15	-	-	
<i>E. silvestriacum</i>	104	97	15,1-39,9	5-9,9	3-4,7	8-14	26	-	

Nombre	Fig.	Referencias	Longitud o diámetro (µm)	Ancho (µm)	L/A	Densidad de estrias en 10 µm	Densidad de aréolas en 10 µm	Otros en 10 µm	Comentarios
<i>E. ventricosum</i>	105	97	14,3-21	5,1-6,5	2,7-3,2	10-14	-	-	
<i>Encyonopsis microcephala</i>	106	97	18,5-23,4	3,2-3,8	5,7-6,1	25-30	-	-	
<i>E. subminuta</i>	107	97	17,5-19,4	3,1-3,6	5,3-5,6	30	-	-	
<i>Encyonopsis</i> sp. "patagonensis"	108	40	34,4-38,5	5,5-6	6-6,3	16-18	-	-	Mencionado en la tesis de Echazú 2012 pero el nombre no fue publicado.
<i>Epithemia adnata</i>	215	102	31,1-70,3	7,3-11,5	4,2-6,2	7-9	-	3 cost	
<i>E. argus</i>	216	102	51	10,77	4,7	5-7	-	3 cost	
<i>E. sorex</i>	217	102	33,1-33,7	8,2-8,9	3,7-4	5-7	-	6-14 cost	
<i>E. turgida</i>	218	102	62,3-95,8	8,7-20	4,7-7,1	5-7	-	5-6 cost	
<i>Eunotia bilunaris</i>	236	103, 199	12,9-33,8	2,2-4	5,8-8,4	14-18	-	-	
<i>E. flexuosa</i>	235	103	78,7-119,2	3,4-4,1	23,1-29	10-11	-	-	
<i>E. implicata</i> s	237	103, 199	21,2-21,3	3,9-4,4	4,8-5,4	11-13	-	-	
<i>E. muscicola</i> var. <i>tridentula</i>	238	103, 199	14,1-16,3	2,9-3,1	4,8-49	22	-	-	
<i>E. subarcuatoides</i>	239	103, 199	15,5	3,9	3,9	20	-	-	
<i>E. aff. vanheurckii</i>	240	176	11,6-22,4	3,8-5,8	3-3,8	14	40	-	Los rangos de longitud y de amplitud son menores, con menor densidad de estrias.
<i>Fragilaria crotonensis</i>	247	103	98,5	3,39	29,05	13	-	-	
<i>Fragilaria recipitiellata</i>	248	103, 157	13,6-16,6	2,4-3	5,5-5,6	12-14	-	-	
<i>Fragilariforma virescens</i> var. <i>subsalina</i>	249, 348	245	6,6-8,1	2-2,4	3,3	27-30	60	-	
<i>F. aff. amphicephaloides</i>	251, 349	69, 103	21,5-54,3	1,6-3,2	13,4-16,9	12-20	-	-	Tiene mayor densidad de estrias
<i>F. aff. pectinalis</i>	250	235	44,4-51,9	2,6-2,9	17-17,8	14-20	-	-	El rango de longitud es mayor pero más angostos y con mayor densidad de estrias
<i>Fragilaria</i> sp. 3	252		21-40,5	2,5-4,2	8,4-9,6	12-18	-	-	
<i>Frustulia amosseana</i>	133	199	41,1-50,8	7,3-9,8	5,1-5,6	33-40	30	-	
<i>F. saxonica</i>	134	111	85,6-90,3	13,7-22,8	3,9-6,2	24-27	-	-	
<i>Gomphonema acuminatum</i>	112	16, 101	51-53,9	11,2-12,4	4,3-4,5	10-12	-	-	
<i>G. angustatum</i>	115	101, 245	27,4	5,3	5,1	10	-	-	
<i>G. auritum</i>	125	199	26,9-31,2	5,2-5,4	5,1-5,7	10-12	-	-	
<i>G. gracile</i>	122	101	19,6-28,7	4,4-5,4	4,4-5,3	10-14	-	-	
<i>G. hebridense</i>	121	101	35,4-81,3	5,1-10	6,9-8,1	10-12	-	-	
<i>G. lagenula</i>	119-120	16, 101	10,1-23,3	5,2-6	1,9-3,8	10-23	-	-	
<i>G. olivaceum</i>	116	101	20,8-26,6	5,7-6,5	3,6-4	12-14	60	-	

Nombre	Fig.	Referencias	Longitud o diámetro (µm)	Ancho (µm)	L/A	Densidad de estrias en 10 µm	Densidad de areolas en 10 µm	Otros en 10 µm	Comentarios
<i>G. patagonicum</i>	129	112	20,6-57,5	3,9-7,8	5,7-7,3	8-12	-	-	
<i>G. pumilum</i>	126	51	22,2-23,2	3,2-3,8	6,1-6,9	13-14	-	-	
<i>G. varioruduncum</i>	127	89	27,4	6,2	4,4	16	-	-	
<i>G. aff. capitatum</i>	113	101, 108	30,9-50,1	7-7,1	4,4-7	10-12	-	-	El rango de longitud es mayor pero son más angostos, con menor densidad de estrias
<i>G. aff. javanicum</i>	123	74	16,1-21,1	3,4-5	4,2-4,7	10-12	-	-	Tienen menor densidad de estrias
<i>G. aff. naviculoides</i>	124	193	27	5,8	4,6	13	-	-	Los rangos de longitud y amplitud son menores
<i>G. aff. subclavatum</i>	332	101, 199	21,1-28,9	4,3-6,4	4,5-4,9	12-15	33-40	-	La forma de la valva es algo diferente a las publicadas por otros autores.
<i>G. aff. truncatum</i>	114	191	30,8	10,3	2,9	12	-	-	Las medias son algo menores que las reportadas en la descripción original
<i>Gomphonema</i> sp. 11	117-118		13,7-26,3	4,2-6,6	3,2-3,9	10-16	-	-	
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	198	101	70,5-108,9	12,1-14,6	5,8-7,4	18	-	-	
<i>Halanphora mira</i>	233	117	46,9	9,4	4,9	19	-	-	
<i>H. oligotrappenta</i>	229	117	22,7-30,2	4,1-4,2	5,5-7,1	26-28	-	-	
<i>H. tenerima</i>	232	117	11,7-16,9	2-3	5,6-5,8	20-30	-	-	
<i>H. veneta</i>	234	117	16,8-21	2,8-4,3	4,8-3	16-20	-	-	
<i>Hantzschia amphioxys</i>	73	102	33,7-94,1	6,8-17,1	4,9-5,5	14-22	-	4-7 fib	
<i>H. virgata</i>	321	102	70,4	10,7	6,5	15	-	6 fib	
<i>Hippodonta hungarica</i>	152-154	109, 199	10-17,1	4,1-5,1	2,4-3,3	8-10	-	-	
<i>Humidophila</i> aff. <i>paracontenta</i>	143	254	10,2	2,6	3,9	-	-	-	Se necesitan observaciones al MEB para poder confirmar la identidad de esta especie
<i>Iconella delicatissima</i>	221	84, 102	42,5-53,2	5,9-7,4	7,1-7,1	-	-	4 can	
<i>I. guatimalensis</i>	220	84, 102	143,8	84,8	1,6	-	-	2 can	
<i>I. linearis</i>	222	84, 102	34,5	12,3	2,8	-	-	4 can	
<i>I. splendida</i>	225	84, 102	58,6	25,8	2,2	-	-	4 can	
<i>Karayevia clevei</i>	38-39	23, 102	12,2-18	5,3-6,9	2,3-2,6	16-25	20	-	
<i>Karayevia carissima</i>	303	23, 102	5,5-5,9	2,2	2,5-2,6	50	-	-	
<i>Luticola austroatlantica</i>	144	118	15	6,9	2,1	20	-	-	
<i>L. australomutica</i>	145	118	15,2-15,5	5,7-5,8	2,6	16	-	-	
<i>L. binodeformis</i>	146	118	13	5,6	2,3	-	-	-	
<i>L. cognata</i>	147	118	28,4	10,2	2,7	14	-	-	
<i>L. vandevijveri</i>	148	118	16,8	5,8	2,8	-	-	-	
<i>Mastogloia lacustris</i>	130-131	199, 245	30-35,8	8,6-9,5	3,4-3,7	20-30	-	-	

Nombre	Fig.	Referenci as	Longitud o diámetro (µm)	Ancho (µm)	L/A	Densidad de estrias en 10 µm	Densidad de areolas en 10 µm	Otros en 10 µm	Comentarios
<i>Mastogloia</i> sp. 2	132		36,8	12,8	2,8	13	-	-	
<i>Microcostatus naumannii</i>	155	199, 265	11,4-13,1	4,1-4,6	2,7-2,8	20-24	-	-	
<i>Muelleria patagonica</i>	157	217	51	16,5	3	14	-	-	
<i>M. undulatoideis</i>	156	265	24,7	5,6	4,4	20	-	-	
<i>Navicula angusta</i>	158	109	48,5-49,3	5,5-5,7	8,6-8,8	12-13	-	-	
<i>N. antonii</i>	163	109	19,8	6	3,3	16	-	-	
<i>N. capitatoradiata</i>	160	109	31,6-38,1	5,9-8,3	4,5-5,3	12-16	-	-	
<i>N. cryptotenella</i>	161	109, 199	30,3	6,2	4,8	13	-	-	
<i>N. gregaria</i>	162	109	20,1-37,3	5,7-7	3,5-5,3	14-19	36-40	-	
<i>N. hemansioioides</i>	164	109	40,9-46,6	5,4-6	7,5-7,7	12-13	-	-	
<i>N. peregrina</i>	169	109	80,7	15,5	5,2	12	20	-	
<i>N. radiosa</i>	168	109	68,8-83,5	10,4-11,5	6,6-7,2	12	-	-	
<i>N. rhynchocephala</i>	159	101	48,7	8,8	5,5	12	25	-	
<i>N. salincola</i>	338	74	8,6-9,6	2,4	3,5-4	20	35-40	-	
<i>N. tripunctata</i>	170	109	48,6-61,2	7,9-8,5	6,1-7,2	10-11	-	-	
<i>N. veneta</i>	165	109	15,4-27,3	4,9-5,7	3,1-4,7	14-20	40-50	-	
<i>N. aff. germainii</i>	167		54,5	9,9	5,5	10	-	-	Los rangos de longitud y amplitud son mayores
<i>Navicula</i> sp. 6	339		17,5	4,2	4,1	16	40	-	
<i>Navicula</i> sp. 27	166		14,2-20	3,4-4,3	4,1-4,6	24-28	-	-	
<i>Neidiomorpha binodiformis</i>	174	101	36-45,4	10-11,4	3,6-3,9	24	-	-	
<i>Neidium affine</i>	178	101	26-29,4	5,4-5,8	4,8-5	26	-	-	
<i>N. bisulcatum</i>	175	101	64,5-76,1	8,7-13	5,8-7,7	19-22	19	-	
<i>N. subampliatum</i>	176-177	101	26,5-39,5	6,3-9,7	4-4,2	20-24	18-21	-	
<i>Nitzschia amphioxoides</i>	74	102	27,9-35,5	5,1-5,2	5,4-6,8	14	14	4-6 fib	
<i>N. andicola</i>	75	199	57,3-60,2	2-2,2	27,3- 28,6	-	-	12 fib	
<i>N. bacillum</i>	78, 322	102	18,1-23,4	2,3-2,8	7,8-8,3	25-28	35	20 fib	
<i>N. fonticola</i>	76-77, 323	234	7,6-18,9	2,8-4,5	2,7-4,2	18-36	45-56	8-12 fib	
<i>N. frustulum</i> var. <i>minutula</i>	78, 324	102	16,4-27,3	3,5-3,7	4,6-7,3	18-32	50	8-10 fib	
<i>N. gandersheimiensis</i>	80	102	19,7-48	2,5-4,7	7,8-10,2	26-30	-	10-16 fib	
<i>N. palea</i>	81	102	14,5-29,5	2,1-3,4	6,9-8,6	18-40	-	10-20 fib	
<i>N. paleacea</i>	82	102	20,3-27,7	2,2-2,6	9,2-9,5	-	-	10-12 fib	

Nombre	Fig.	Referencias	Longitud o diámetro (µm)	Ancho (µm)	L/A	Densidad de estrias en 10 µm	Densidad de areolas en 10 µm	Otros en 10 µm	Comentarios
<i>N. pusilla</i>	83, 325	102	16,1-24,9	2,3-3,9	6,3-7	22-45	-	8-20 fib	
<i>N. recta</i>	84	102	43,2-179	3,3-5,9	13-30,3	33-44	-	6-9 fib	
<i>N. soratensis</i>	85-86, 326	233	5,7-12,6	1,9-2,8	3-4,5	30-33	-	8-16 fib	
<i>N. valdestriata</i>	87, 327	102	7,3-9,7	2,1-2,5	3,4-3,8	-	-	10 fib	
<i>N. vermicularoides</i>	89	199	46,3-123	2,3-5,1	20,1-24	36	-	8-14 fib	
<i>N. aff. inconspicua</i>	88, 328	233	4,1-15,9	2-3,5	2-4,5	20-30	30	13-16 fib	Tienen una mayor densidad de fibulas
<i>N. aff. subacicularis</i>	90, 329	102	44,9-52,5	2,1-2,7	19,4-21,3	58	-	15-18 fib	
<i>Nupela lapidosa</i>	136-137, 333-334	182	9,8-15,8	3,3-5,5	2,8-2,9	24-36	40-60	-	
<i>Nupela</i> sp. 1	138, 335-336		9,7-15,6	4-5,2	2,4-3	24-30	37-50	-	
<i>Odontidium mesodon</i>	253	103	7,3-7,8	2,9-3,6	2,1-2,5	-	-	-	
<i>Pinnularia borealis</i>	179	98	25,7	7,1	3,6	5	-	-	
<i>P. breissonii</i> var. <i>acuta</i>	180	98	59,1	13,6	4,3	11	-	-	
<i>P. caloneiformis</i>	182	74	49-53,7	8,8-11,2	4,7-5,5	9-15	-	-	
<i>P. divergens</i>	183	98	61,6-63,4	11-11,4	5,5-5,6	8	-	-	
<i>P. graciloides</i> var. <i>rumrichae</i>	184	98	103,5	14,15	7,3	9	-	-	
<i>P. lundii</i> var. <i>linearis</i>	181	98	38	8,7	4,3	14	-	-	
<i>P. major</i> f. <i>subacuta</i>	186	51	92	24,2	3,8	9	-	-	
<i>P. microstauron</i> var. <i>microstauron</i>	185	98	65,7	8,5	7,7	10	-	-	
<i>P. microstauron</i> var. <i>rostrata</i>	188	98	25,9-31,7	5,4-6,4	4,7-4,9	12-14	-	-	
<i>P. neomajor</i> var. <i>inflata</i>	187	98	122	23,1	5,2	8	-	-	
<i>P. pseudosimilis</i>	193	98	86,2	15,34	5,6	11	-	-	
<i>P. renata</i>	189	98	34,1-43	8,7-10,3	3,9-4,1	15	-	-	
<i>P. septentrionalis</i>	190	98	44,4	8,6	5,1	11	-	-	
<i>P. aff. appendiculata</i>	191	98	32,2-46,6	5,8-7,3	5,8-6,3	8-14	-	-	Los rangos de longitud y de amplitud son menores
<i>Pinnularia</i> sp. 11	195		58,8-69,6	12,8-15	4,5-4,6	11-12	-	-	
<i>Pinnularia</i> sp. 18	196		30,3-64,1	6,8-14,5	4,4	13-14	-	-	
<i>Pinnularia</i> sp. 24	197		77,99	11,33	6,88	8	-	-	
<i>Pinnularia</i> sp. 27	192		11	3	3,6	10	-	-	
<i>Placoneis elginensis</i> var. <i>cuneata</i>	330	101	15,7	5,6	2,8	20	50	-	
<i>P. paraelginensis</i>	110	199	17-17,7	5-7,1	2,4-3,4	12-16	-	-	
<i>P. aff. chilensis</i>	331	199	31	11,9	2,6	12	50	-	Los rangos de longitud y de amplitud son menores
<i>Placoneis</i> sp. 7	111		15-29	5,6-11,2	2,5-2,6	10-12	-	-	

Nombre	Fig.	Referencias	Longitud o diámetro (µm)	Ancho (µm)	L/A	Densidad de estrias en 10 µm	Densidad de aréolas en 10 µm	Otros en 10 µm	Comentarios
<i>Planothidium aueri</i>	40-41	112	10,8-13,1	3,5-4,2	3-3,1	20	39-60	-	
<i>P. conspicuum</i>	42, 304-305	162	4,5-10,1	2,4-5,5	1,8	15-20	60	-	
<i>P. delicatulum</i>	43-44, 305	105	15-18,5	6,2-6,7	2,4-2,7	15-20	70	-	
<i>P. frequentissimum</i>	45-46	105	11,4-16,5	4,6-6,8	2,4-2,5	10-20	-	-	
<i>P. lanceolatum</i>	47, 307-308	244	10,2-27	4,4-6,6	2,3-4	12-20	60-70	-	
<i>P. minutissimum</i>	48-49	162	5,7-9,2	2,5-3,7	2,2-2,4	20	70	-	
<i>P. oestrupii</i>	50	105	6,8-9,2	4-5,9	1,5	19-20	-	-	
<i>P. rostratum</i>	51-52, 309-310	105	9,3-10,5	3,7-4,5	2,3-2,5	16-18	55-90	-	
<i>Psammothidium abundans</i>	311-312	199, 242	10-16,1	3,2-5,8	2,7-3,1	26-35	33-47	-	
<i>P. bioretii</i>	53	101, 199	14,3-17,6	7-8,2	2-2,1	20-22	s/d	-	
<i>P. didymum</i>	54-55, 313a-313b	74, 101, 195	6,5-9,7	3,2-5,4	1,7-2	20-38	40	-	
<i>P. helveticum</i>	56	101, 195	6,6-10,6	3,3-3,8	2-2,7	10-11	s/d	-	
<i>P. marginulatum</i>	57-58, 314a	101, 195	5,8-13,1	3,4-6,2	1,7-2,1	18-30	45-50	-	
<i>P. subatomoides</i>	59-60, 314b	195	6,5-10,6	3,5-5,1	1,8-2	29-31	25-45	-	
<i>Pseudofollacia tenera</i>	171, 340	101, 119	10,3-13,7	3,6-4,5	2,8-3	18-19	-	-	
<i>Pseudofollacia</i> sp. 1	172		23,5	5,2	4,5	16	-	-	
<i>Pseudostaurosira sopotensis</i>	254, 350	262	2,9-4,1	2,9-4	1	16-19	-	-	
<i>Pseudostaurosira</i> aff. <i>elliptica</i>	255		6,8-8,2	4,4-4	1,7-1,8	13-15	-	-	Se necesitan observaciones al MEB para poder confirmar la identidad de esta especie
<i>Pseudostaurosira</i> sp. 1	256-257, 351		18,3-30,1	4,4-5,1	4,1-5,9	13-15	-	-	
<i>Pseudostaurosira</i> sp. 3	258		21-22,5	7,4-8,1	2,7-2,8	10	-	-	
<i>Pseudostaurosira</i> sp. 4	259-260, 352		9-9,7	3,6-3,7	2,5-2,6	12-14	-	-	
<i>Pseudostaurosira</i> sp. 5	261, 353		6,8-10,4	2,7-4	2,5-2,6	12-18	-	-	
<i>Punctastriata ovalis</i>	262, 354	261	4,9-6,5	3-4,3	1,5-1,6	10-12	45-67	-	
<i>Punctastriata</i> aff. <i>linearis</i>	263, 355	261	8,5-12	3,7-4,2	2,2-2,8	8-12	64	-	Los rangos de longitud y de amplitud son menores
<i>Punctastriata</i> sp. 1	264, 356		11,2-12,6	10,3-11,4	1-1,1	11-12	-	-	
<i>Reimeria uniseriata</i>	128	200	18,5-21,9	4,5-5,9	3,7-4,1	10	20	-	
<i>Sellaphora pupula</i> Φ 'cf. large'	199	101, 137	25-48,7	6,8-10,4	3,6-4,6	17-21	-	-	
<i>S. pupula</i> Φ 'slender'	200	101, 137	14,6-29,6	3,5-6,3	4,1-4,6	18-30	50	-	
<i>S. tridentula</i>	201, 341	101, 255	9,4-14,1	2,9-3,5	3,2-4	46-48	-	-	

Nombre	Fig.	Referencias	Longitud o diámetro (µm)	Ancho (µm)	L/A	Densidad de estrias en 10 µm	Densidad de areolas en 10 µm	Otros en 10 µm	Comentarios
<i>Sellaphora</i> sp. 1	202-203, 342-343		10,7-21,5	4,7-5,8	2,2-3,7	31-36	25-50	-	
<i>Sellaphora</i> sp. 2	204, 344		6,4-10,1	1,7-4,5	2,2-3,7	18-35	45-59	-	
<i>Sellaphora</i> sp. 3	205		5,6	2,6	2,1	18	-	-	
<i>Sellaphora</i> sp. 4	345-346		5,78	2,57	2,24	40	-	-	
<i>Skabitschewskia pergalloi</i>	61-62, 315-316	105, 108	10,9-11,3	5,7-6	1,8-1,9	25	-	-	
<i>Spicaticybra patagonica</i>	21, 295	91, 127	3,8-10,2	-	-	51	-	-	
<i>Stauriforma inermis</i>	265	49	19-23,9	3,1-4,3	5,5-6,1	16-20	-	-	
<i>Stauroneis acidojarensis</i>	211	265	32,3-44,4	6,1-6,8	5,2-6,5	-	-	-	
<i>S. nebulosa</i>	208-209	101	49-49,9	7,7-7,8	6,3	15	-	-	
<i>S. reichardtii</i>	213	241	48,1	8,6	5,5	21	-	-	
<i>S. subaustrials</i>	210	241	128,8	20,4	6,3	15	-	-	
<i>S. aff. bryocola</i>	214	241	57,9-63,9	8,4-9,4	6,7-6,8	18-22	-	-	Menor densidad de estrias
<i>S. aff. producta</i>	212	75	27-48,1	5,7-8,6	4,7-5,5	20-30	-	-	Las valvas son algo más angostas y estrias no tan radiales
<i>Stauroneis</i> sp. 2	215		62,1-75,6	10,3-12	6-6,3	30-31	-	-	
<i>S. magallanesica</i>	266, 357	53, 54	4,7-8,3	2,3-4,1	2	15-20	58-70	-	
<i>S. venter</i>	267	103	5,4-7,5	3,9-4,6	1,3-1,6	14-17	40	-	
<i>S. aff. dimorpha</i>	268-268, 358	164	5,1-10,7	3,9-5,3	1,3-2	12-18	29-45	-	Poseen "papilas" en toda la superficie valvar, espinas cónicas. No se pudo observar si la valvocoupla es perforada
<i>S. aff. incerta</i>	270, 359	162	8-12	4-5	2-2,4	10-14	54-60	-	Las medidas coinciden con el extremo inferior de las citadas para esta especie pero con los ápices algo más anchos
<i>S. aff. longwanensis</i>	360	193	12,5	2,8	4,4	14	70	-	Mayor densidad de areolas y tienen 2 espinas sobre cada costilla
<i>Staurostrella leptostauron</i>	271, 361	103, 261	19,1-23,2	10,2-14,8	1,5-1,8	10	-	-	
<i>Staurostrella</i> sp. 6	272-273, 362		4,3-5,3	2,4-3,5	1,5-1,7	10-15	57-60	-	
<i>Staurostrella</i> sp. 8	274, 363		8,1-13,5	3,4-4	2,3-3,3	6-10	57	-	
<i>Staurostrella</i> sp. 12	275, 364		4,4-5,1	2,5-3,5	1,4-1,7	9-15	-	-	
<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	17, 293-294	76	8,8-11,3	-	-	8-10	-	2-3 proc lab	
<i>S. parvus</i>	16, 291-292	76	4,6-8	-	-	11-14	-	3-4 proc lab	
<i>Surirella angusta</i>	223	102	24,4-35,1	9,9-10,5	2,4-3,3	-	-	6 can	
<i>S. libile</i>	219	16, 102	70,3-104,8	18,2-26,1	3,8-3,9	s/d	-	8-10 can	

Nombre	Fig.	Referencias	Longitud o diámetro (µm)	Ancho (µm)	L/A	Densidad de			Comentarios
						estrias en 10 µm	arcólas en 10 µm	Otros en 10 µm	
<i>S. minuta</i> var. <i>minuta</i>	227	102	22,2-23,2	9,9-10	2,2-2,3	-	-	8 can	
<i>S. minuta</i> var. <i>peduliformis</i>	224	102	28,8	9,8	2,9	-	-	5 can	
<i>S. peisonis</i>	228	102	63,2-68,5	60,5-64,5	1-1,1	-	-	3 can	
<i>S. utahensis</i>	226	102	25,5-25,9	18,8-21,5	1,2-1,3	-	-	6 can	
<i>Tabellaria flocculosa</i>	278	196	20,5-22,3	6,5	3,1-3,4	18	-	-	
<i>Tabularia</i> sp. 1	277		96,4-103	3,8-4	25,3-25,7	13-15	-	-	
<i>Tryblionella apiculata</i>	91	102	33,9-45,7	4,9-6,5	6,9-7	15-20	-	-	
<i>T. hungarica</i>	92	102	75,2	5,8	12,9	18	-	9	
<i>T. levidensis</i>	93	102	18,2-26,7	8,1-8,3	2,2-3,2	20-39	16	-	
<i>Ulnaria ramesii</i>	276	103	76,9	4,8	16	14	-	-	
<i>Urosolenia eriensis</i>	10, 284	199	4,84	-	-	-	-	-	
<i>Veigaludwigia urbana</i>	173	199	24,4-39,8	5,6-6,6	4,3-6	-	-	-	

Anexo II

CLASE COSCINODISCOPHYCEAE**Subclass Coscinodiscophycidae****Orden Aulacoseirales****Familia Aulacoseiraceae**

Fig. 1 *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen

Fig. 2 *Aulacoseira distans* var. *laevissima* (Grunow) Haworth

Fig. 3 *Aulacoseira distans* var. *distans* (Ehrenberg) Simonsen

Figs. 4-6 *Aulacoseira* sp. 1

Figs. 7-9 *Aulacoseira* sp. 2

Subclass Melosirophycidae**Orden Arcanodiscales****Familia Arcanodiscaceae**

Figs. 11-12 *Arcanodiscus plattii* N.Maidana & Morales

Subclass Rhizosoleniophycidae**Orden Rhizosoleniales****Familia Rhizosoleniaceae**

Fig. 10 *Urosolenia eriensis* (H.L.Smith) Round & Crawford

CLASE MEDIOPHYCEAE**Subclass Chaetocerotophycidae****Orden Chaetocerotales****Familia Chaetocerotaceae**

Fig. 13 *Chaetoceros muelleri* Lemmermann

Subclass Thalassiosirophycidae**Orden Stephanodiscaules****Familia Stephanodiscaceae**

Fig. 14 *Cyclostephanos patagonicus* Guerrero & Echenique

Fig. 15 *Cyclostephanos salsae* N.Maidana & G.A. Aponte

Fig. 16 *Stephanodiscus parvus* Stoermer & Håkansson

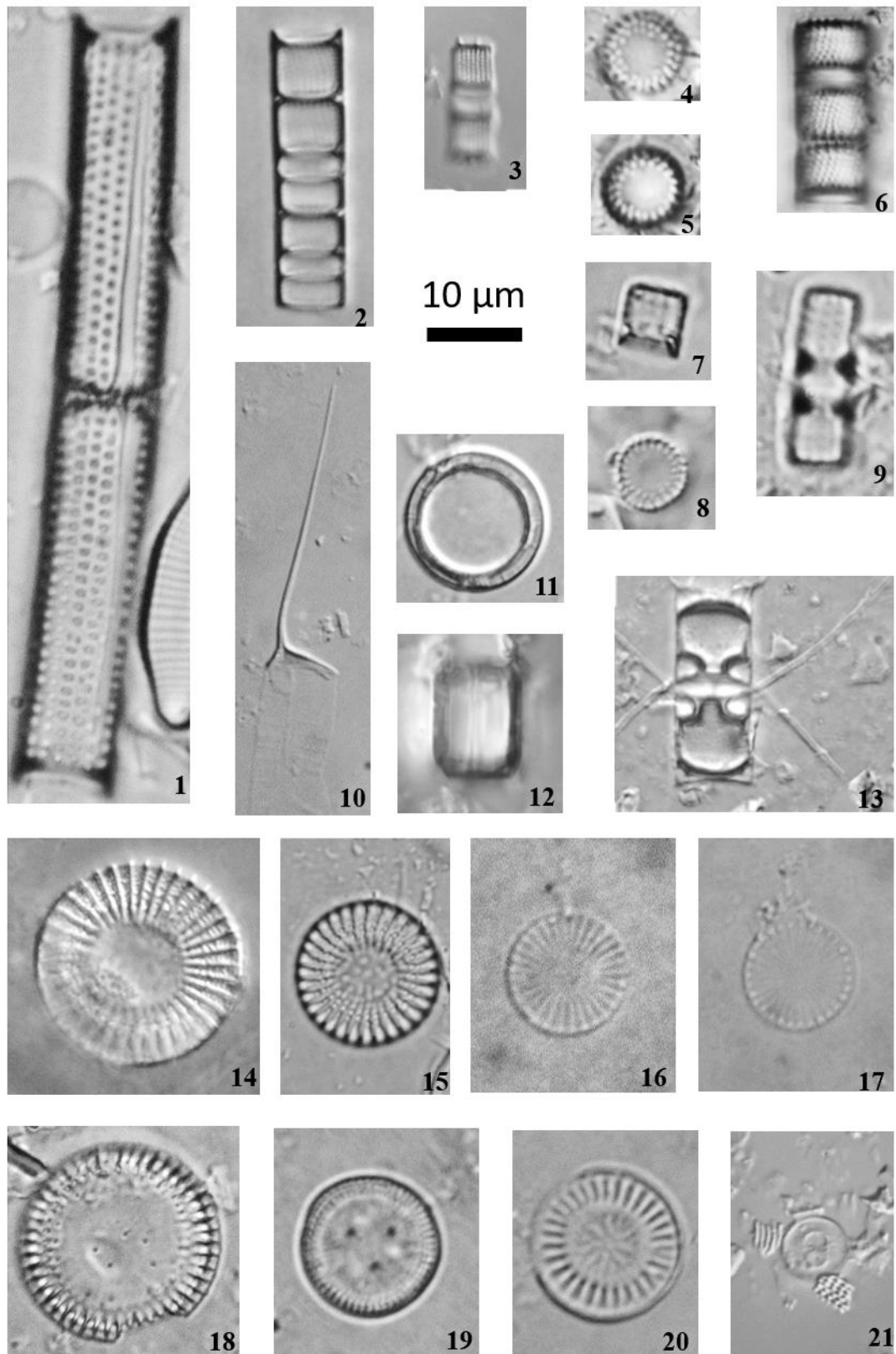
Fig. 17 *Stephanodiscus hantzschii* Grunow

Fig. 18 *Cyclotella agassizensis* Håkansson & Kling

Fig. 19 *Cyclotella ocellata* Pantoseck

Fig. 20 *Discostella stelligera* (Cleve & Grunow) Houk & Klee

Fig. 21 *Spicaticribra patagónica* (N.Maidana) Kocioleck & Khursovich



CLASE BACILLARIOPHYCEAE

Subclass Bacillariophycidae

Orden Acanthales

Familia Acanthaceae

Figs. 22- 23 *Achnanthes* sp. 6

Figs. 24-25 *Achnanthes* sp. 14

Familia Acanthidaceae

Figs. 26-27 *Achnanthidium exiguum* (Grunow) Czarnecki

Figs. 28-29 *Achnanthidium macrocephalum* (Hustedt) Round & Bukhtiyarova

Fig. 30 *Achnanthidium minutissimum* (Kützing) Czarnecki

Figs. 31-32 *Achnanthidium modestiforme* (Lange-Bertalot) Van de Vijver

Fig. 33 *Achnanthidium* aff. *lailae* Van de Vijver

Figs. 34-35 *Achnanthidium* aff. *lusitanicum* Novais & Morales

Figs. 36-37 *Achnanthidium* aff. *sieminskae* Witkowski, Kulikovskiy & Riaux-Gobin

Figs. 38-39 *Karayevia clevei* (Grunow) Bukhtiyarova

Figs. 40-41 *Planothidium aueri* (Krasske) Lange-Bertalot

Fig. 42 *Planothidium conspicuum* (Mayer) Aboal

Figs. 43-44 *Planothidium delicatulum* (Kützing) Round & Bukhtiyarova

Figs. 45-46 *Planothidium frequentissimum* (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot

Fig. 47 *Planothidium lanceolatum* (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot

Figs. 48-49 *Planothidium minutissimum* (Krasske) Morales

Fig. 50 *Planothidium oestrupii* (Cleve-Euler) Edlund

Figs. 51-52 *Planothidium rostratum* (Østrup) Lange-Bertalot

Fig. 53 *Psammothidium bioretii* (Germain) Bukhtiyarova & Round

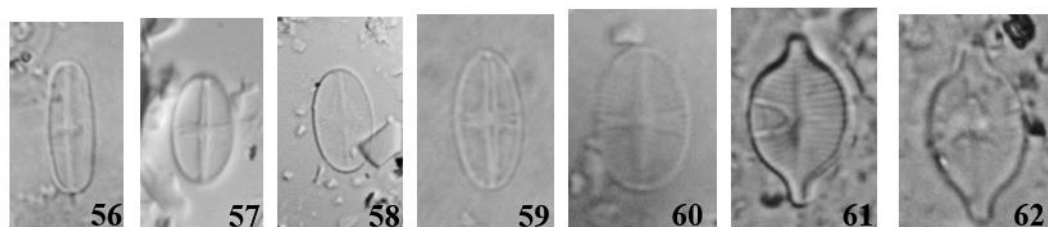
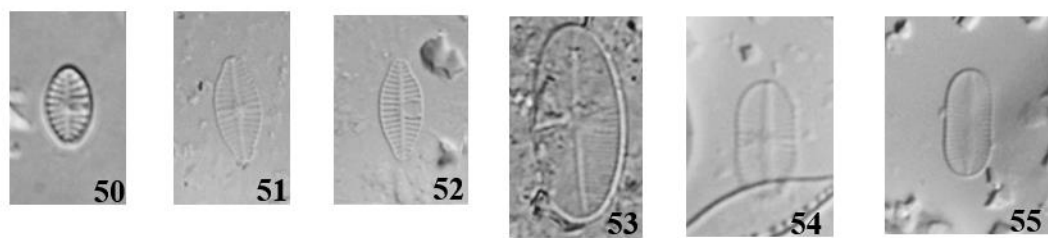
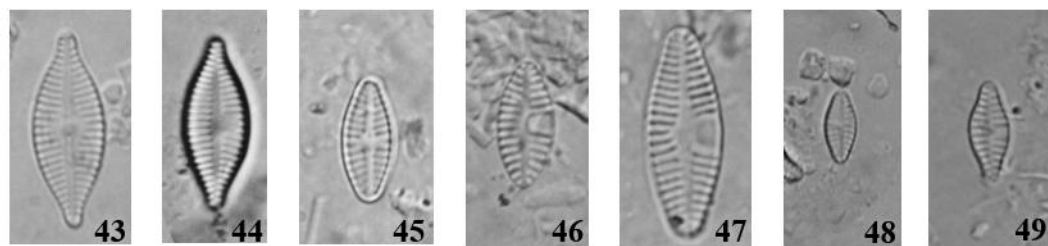
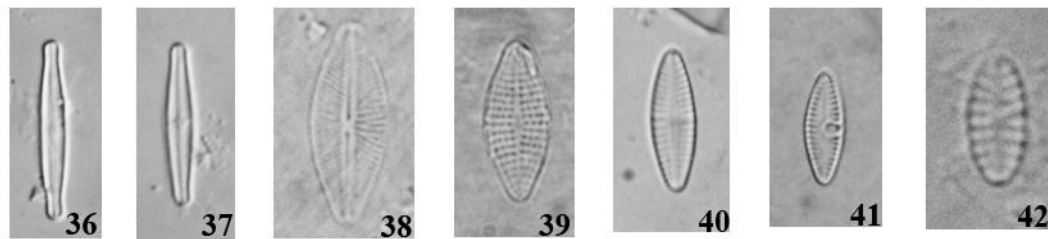
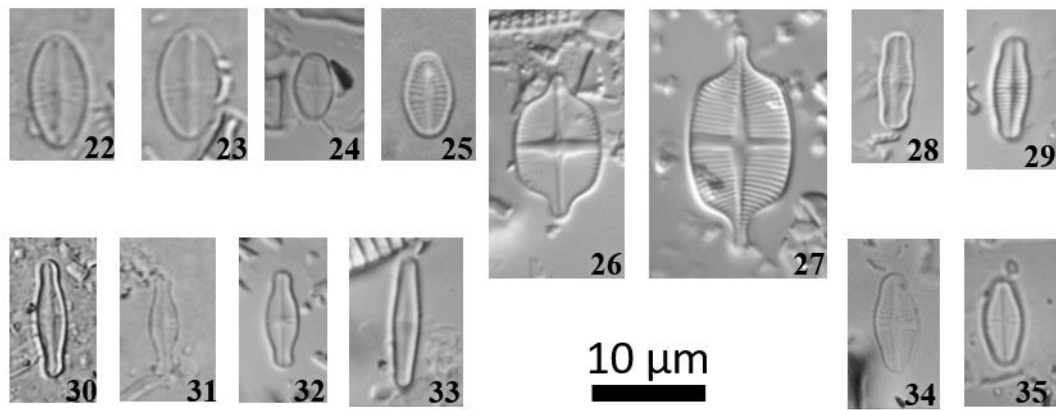
Figs. 54-55 *Psammothidium didymum* (Hustedt) Bukhtiyarova & Round

Fig. 56 *Psammothidium helveticum* (Hustedt) Bukhtiyarova & Round

Figs. 57-58 *Psammothidium marginulatum* (Grunow) Bukhtiyarova & Round

Figs. 59-60 *Psammothidium subatomoides* (Hustedt) Bukhtiyarova & Round

Figs. 61-62 *Skabitschewskia pergalloi* (Brun & Héribaude-Joseph) Kuliskovskiy & Lange-Bertalot

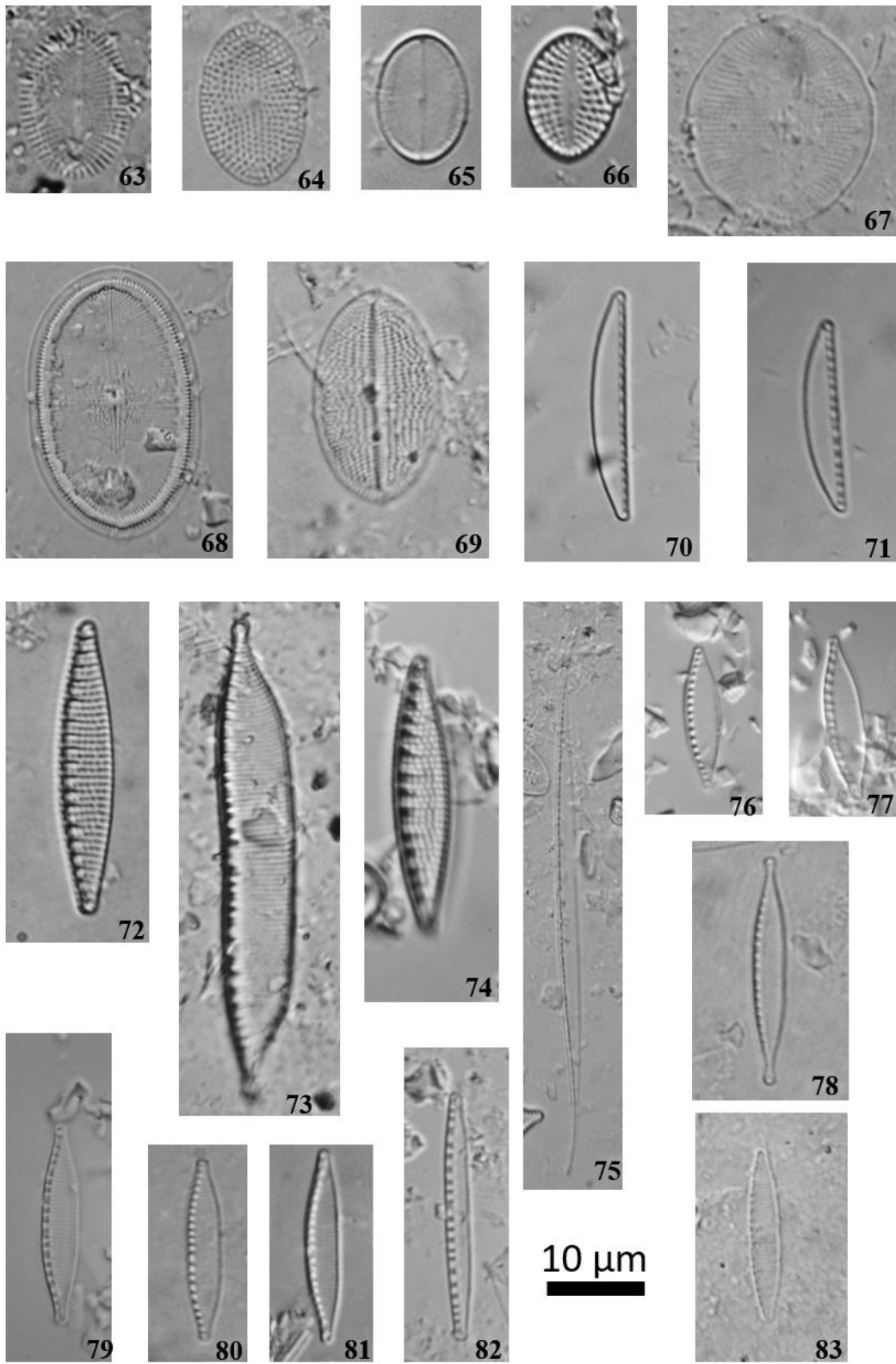


Familia Cocconeidaceae

- Figs. 63-64 *Anorthoneis dulcis* Hein
Figs. 65-66 *Cocconeis neuquina* Frenguelli
Fig. 67 *Cocconeis pediculus* Ehrenberg
Figs. 68-69 *Cocconeis* aff. *euglypta* Ehrenberg

Orden Bacillariales**Familia Bacillariaceae**

- Figs. 70-71 *Cymbellonitzschia minima* Hustedt
Fig. 72 *Denticula kuetzingii* Grunow
Fig. 73 *Hantzschia amphioxys* (Ehrenberg) Grunow
Fig. 74 *Nitzschia amphioxoides* Hustedt
Fig. 75 *Nitzschia andicola* Lange-Bertalot & Rumrich
Figs. 76-77 *Nitzschia fonticola* (Grunow) Grunow
Fig. 78 *Nitzschia bacillum* Hustedt
Fig. 79 *Nitzschia frustulum* var. *minutula* Grunow
Fig. 80 *Nitzschia gandersheimiensis* Krasske
Fig. 81 *Nitzschia palea* (Kützing) Smith
Fig. 82 *Nitzschia paleacea* (Grunow) Grunow
Fig. 83 *Nitzschia pusilla* Grunow

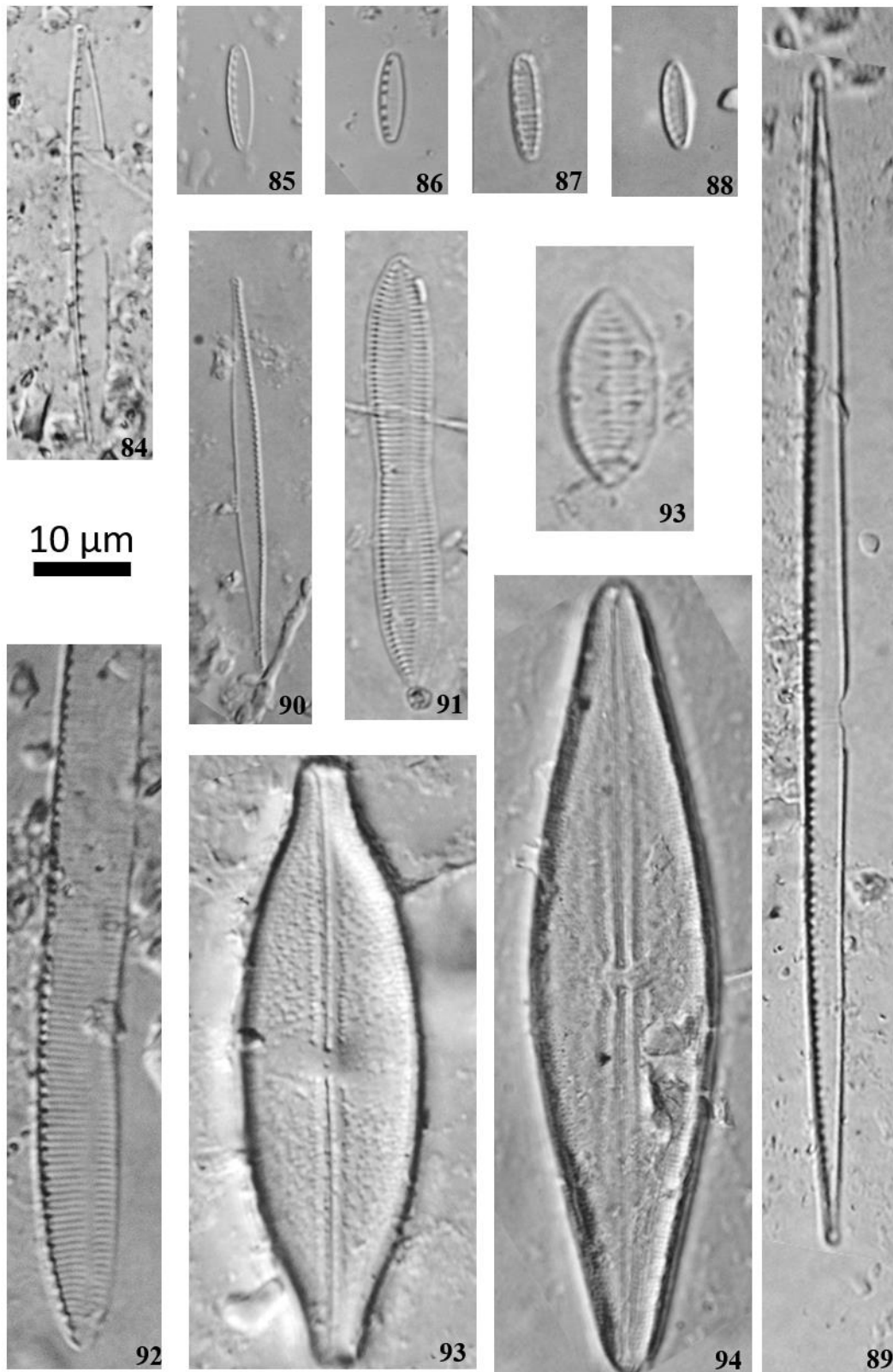


- Fig. 84 *Nitzschia recta* Hantzsch ex Rabenhorst
Figs. 85-86 *Nitzschia soratensis* Morales & Vis
Fig. 87 *Nitzschia valdestriata* Aleem & Hustedt
Fig. 88 *Nitzschia* aff. *inconspicua* Grunow
Fig. 89 *Nitzschia vermicularoides* Lange-Bertalot
Fig. 90 *Nitzschia* aff. *subacicularis* Hustedt
Fig. 91 *Tryblionella apiculata* Gregory
Fig. 92 *Tryblionella hungarica* (Grunow) Frenguelli
Fig. 93 *Tryblionella levidensis* Smith

Orden Cymbellales

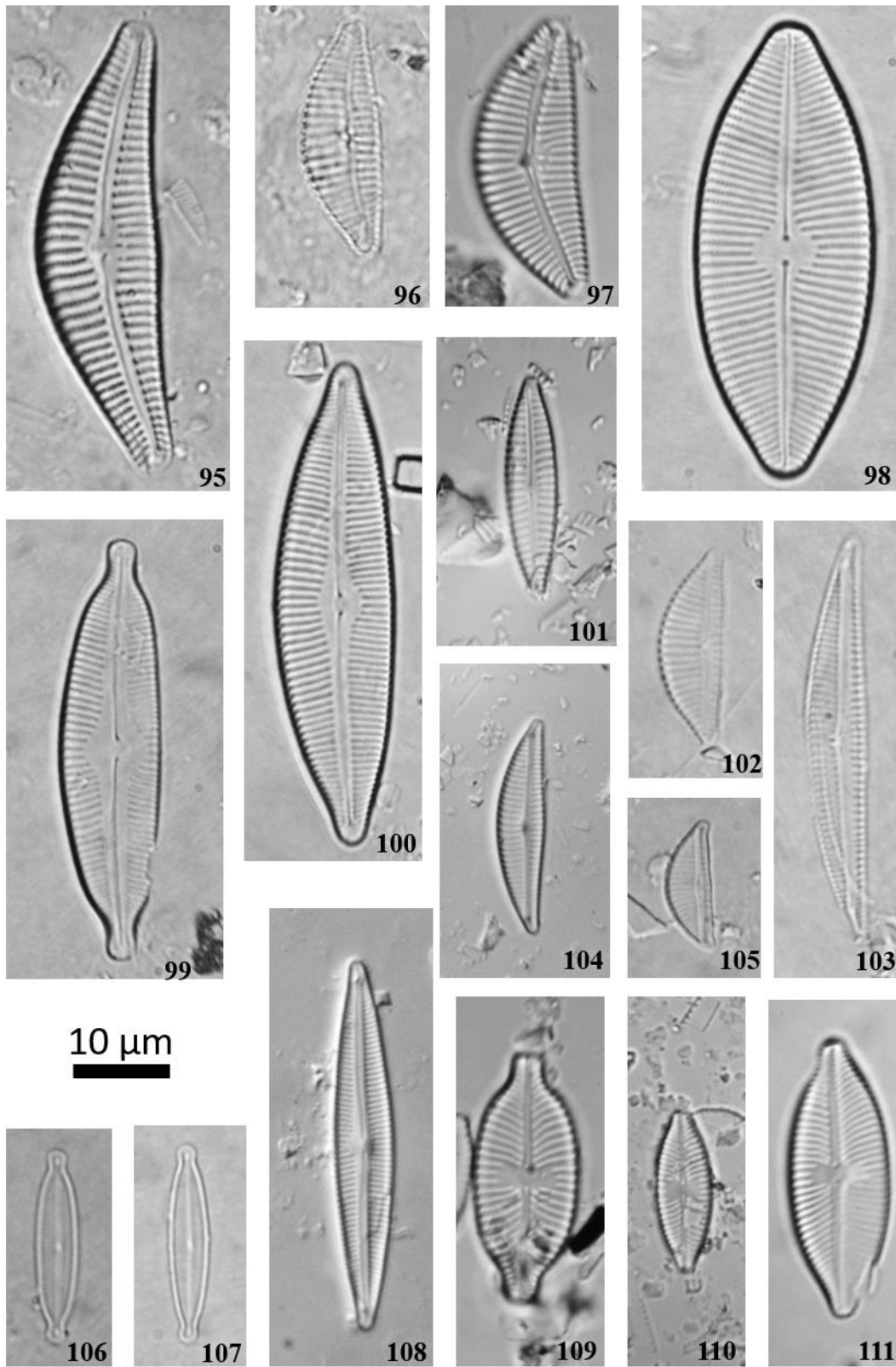
Familia Anomoeoneidaceae

- Fig. 93 *Anomoeoneis sphaerophora* Pfitzer
Fig. 94 *Anomoeoneis costata* (Kützinger) Hustedt



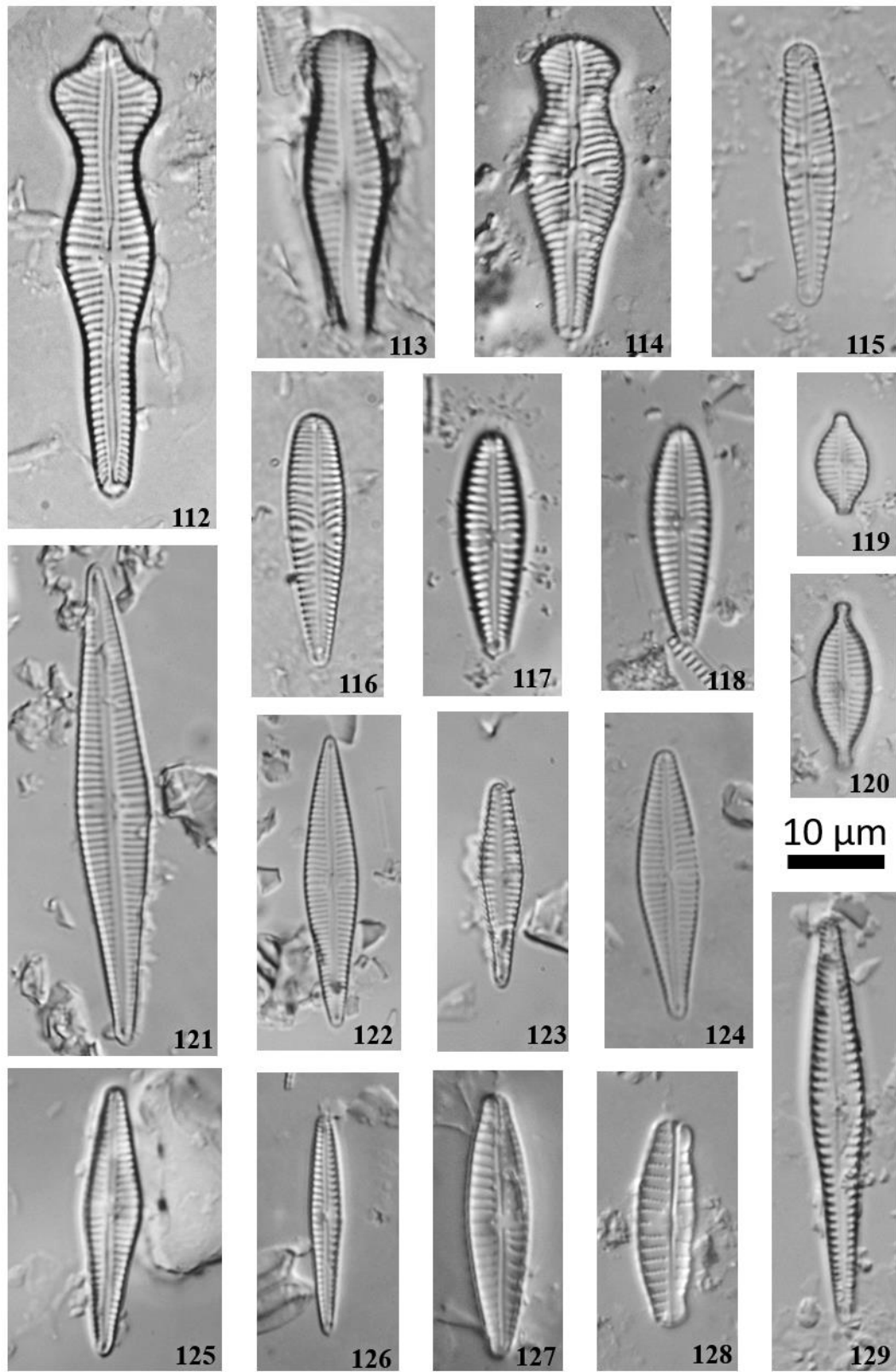
Familia Cymbellaceae

- Fig. 95 *Cymbella cistula* (Ehrenberg) Kirchner
Fig. 96 *Cymbella excisa* Kützing
Fig. 97 *Cymbella gravida* Recasens & Maidana
Fig. 98 *Cymbopleura lata* (Grunow ex Cleve) Krammer
Fig. 99 *Cymbopleura naviculiformis* (Auerswald ex Heiberg) Krammer
Fig. 100 *Cymbopleura tsoneka* Lange-Bertalot, Krammer & Rumrich
Fig. 101 *Encyonema difficilis* (Krasske) Krammer
Fig. 102 *Encyonema lange-bertalotii* Krammer
Fig. 103 *Encyonema neogracile* Krammer
Fig. 104 *Encyonema silesiacum* (Bleisch) Mann
Fig. 105 *Encyonema ventricosum* (Agardh) Grunow
Fig. 106 *Encyonopsis microcephala* (Grunow) Krammer
Fig. 107 *Encyonopsis subminuta* Krammer & Reichardt
Fig. 108 *Encyonopsis* sp. "patagonensis"
Fig. 109 *Placoneis elginensis* var. *elginensis* (Gregory) Cox
Fig. 110 *Placoneis paraelginensis* Lange-Bertalot
Fig. 111 *Placoneis* sp. 7



Familia Gomphonemathaceae

- Fig. 112 *Gomphonema acuminatum* Ehrenberg
Fig. 113 *Gomphonema* aff. *capitatum* Ehrenberg
Fig. 114 *Gomphonema* aff. *truncatum* Ehrenberg
Fig. 115 *Gomphonema angustatum* (Kützing) Rabenhorst
Fig. 116 *Gomphonema olivaceum* (Hornemann) Brébisson
Figs. 117-118 *Gomphonema* sp. 11
Figs. 119-120 *Gomphonema lagenula* Kützing
Fig. 121 *Gomphonema hebridense* Gregory
Fig. 122 *Gomphonema gracile* Ehrenberg
Fig. 123 *Gomphonema* aff. *javanicum* Hustedt
Fig. 124 *Gomphonema* aff. *naviculoides* Smith
Fig. 125 *Gomphonema auritum* Braun ex Kützing
Fig. 126 *Gomphonema pumilum* (Grunow) Reichardt & Lange-Bertalot
Fig. 127 *Gomphonema varioireduncum* Jüttner, Ector, Reichardt, Van de Vijver & Cox
Fig. 128 *Reimeria uniseriata* Sala, Guerrero & Ferrario
Fig. 129 *Gomphonema patagonicum* Krasske



Orden Mastogloiales
Familia Mastogloiaceae

Figs. 130-131 *Mastogloia lacustris* (Grunow) Grunow
 Fig. 132 *Mastogloia* sp. 2

Orden Naviculales
Familia Amphipleuraceae

Fig. 133 *Frustulia amosseana* Lange-Bertalot
 Fig. 134 *Frustulia saxonica* Rabenhorst

Familia Brachysiraceae

Fig. 135 *Brachysira microcephala* (Grunow) Compère
 Fig. 136-137 *Nupela lapidosa* (Krasske) Lange-Bertalot
 Fig. 138 *Nupela* sp. 1

Familia Cavinulaceae

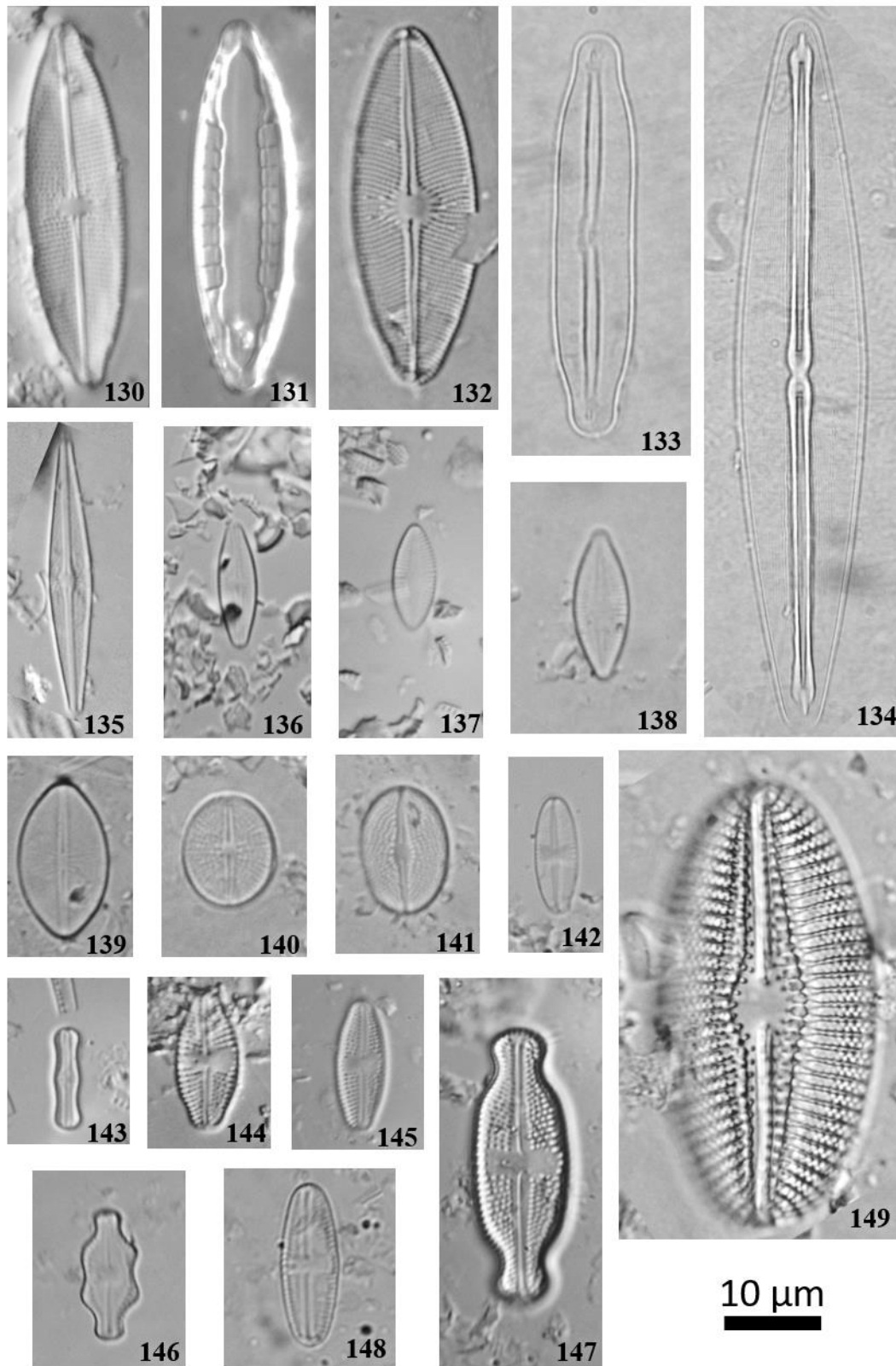
Fig. 139 *Cavinula cocconeiformis* (Gregory ex Greville) Mann & Stickle
 Fig. 140 *Cavinula pseudoscutiformis* (Grunow) Mann & Stickle
 Fig. 141 *Cavinula scutiformis* var.? (Grunow) Mann & Stickle
 Fig. 142 *Cavinula variostrata* (Krasske) Mann & Stickle

Familia Diadesmidaceae

Fig. 143 *Humidophila* aff. *paracontenta* (Lange-Bertalot & Werum) Lowe,
 Kocioleck, Kohansen, Van de Vijver, Lange-Bertalot & Kopalová
 Fig. 144 *Luticola austroatlantica* Van de Vijver, Kopalová, S.A.Spaulding &
 Esposito
 Fig. 145 *Luticola australomutica* Van de Vijver
 Fig. 146 *Luticola binodeformis* Levkov, Metzeltin & Pavlov
 Fig. 147 *Luticola cognata* Levkov, Metzeltin & Pavlov
 Fig. 148 *Luticola vandeijveri* Kopalová, Zidarova & Levkov

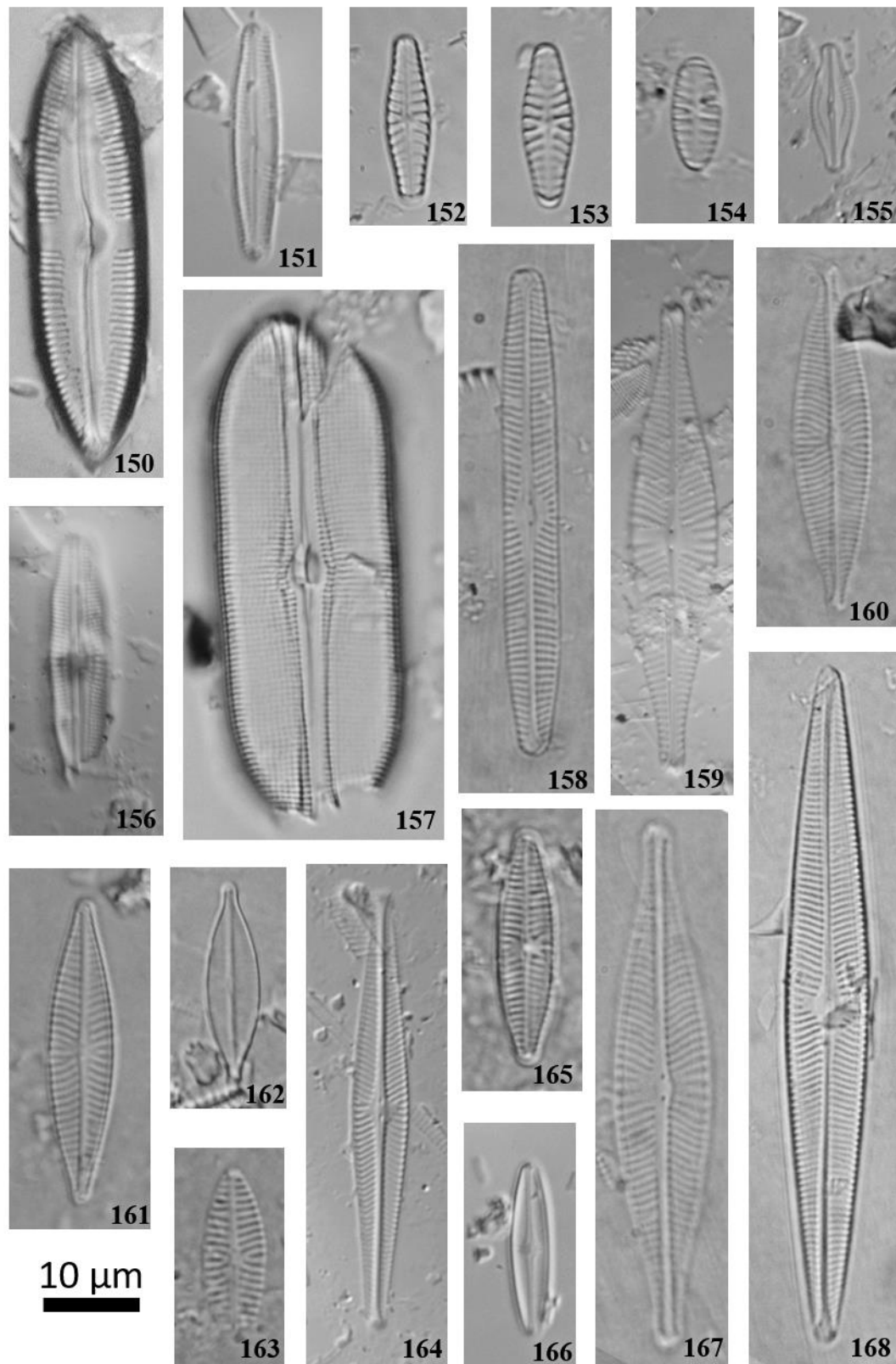
Familia Diploneidaceae

Fig. 149 *Diploneis chilensis* (Hustedt) Lange-Bertalot



Familia Naviculaceae

- Fig. 150 *Caloneis* aff. *incognita* Hustedt sensu Manguin
Fig. 151 *Caloneis branderi* (Hustedt) Krammer
Figs. 152-154 *Hippodonta hungarica* (Ehrenberg) Lange-Bertalot, Metzelting & Witkowski
Fig. 155 *Microcostatus naumannii* (Hustedt) Lange-Bertalot
Fig. 156 *Muelleria undulatoidea* Van de Vijver, Zidarova & Kopalová
Fig. 157 *Muelleria patagonica* (Müller) Frenguelli
Fig. 158 *Navicula angusta* Grunow
Fig. 159 *Navicula rhynchocephala* Kützing
Fig. 160 *Navicula capitatoradiata* Germain
Fig. 161 *Navicula cryptotenella* Lange-Bertalot
Fig. 162 *Navicula gregaria* Donkin
Fig. 163 *Navicula antonii* Lange-Bertalot
Fig. 164 *Navicula heimansioides* Lange-Bertalot
Fig. 165 *Navicula veneta* Kützing
Fig. 166 *Navicula* sp. 27
Fig. 167 *Navicula* aff. *germainii*
Fig. 168 *Navicula radiosa* Kützing



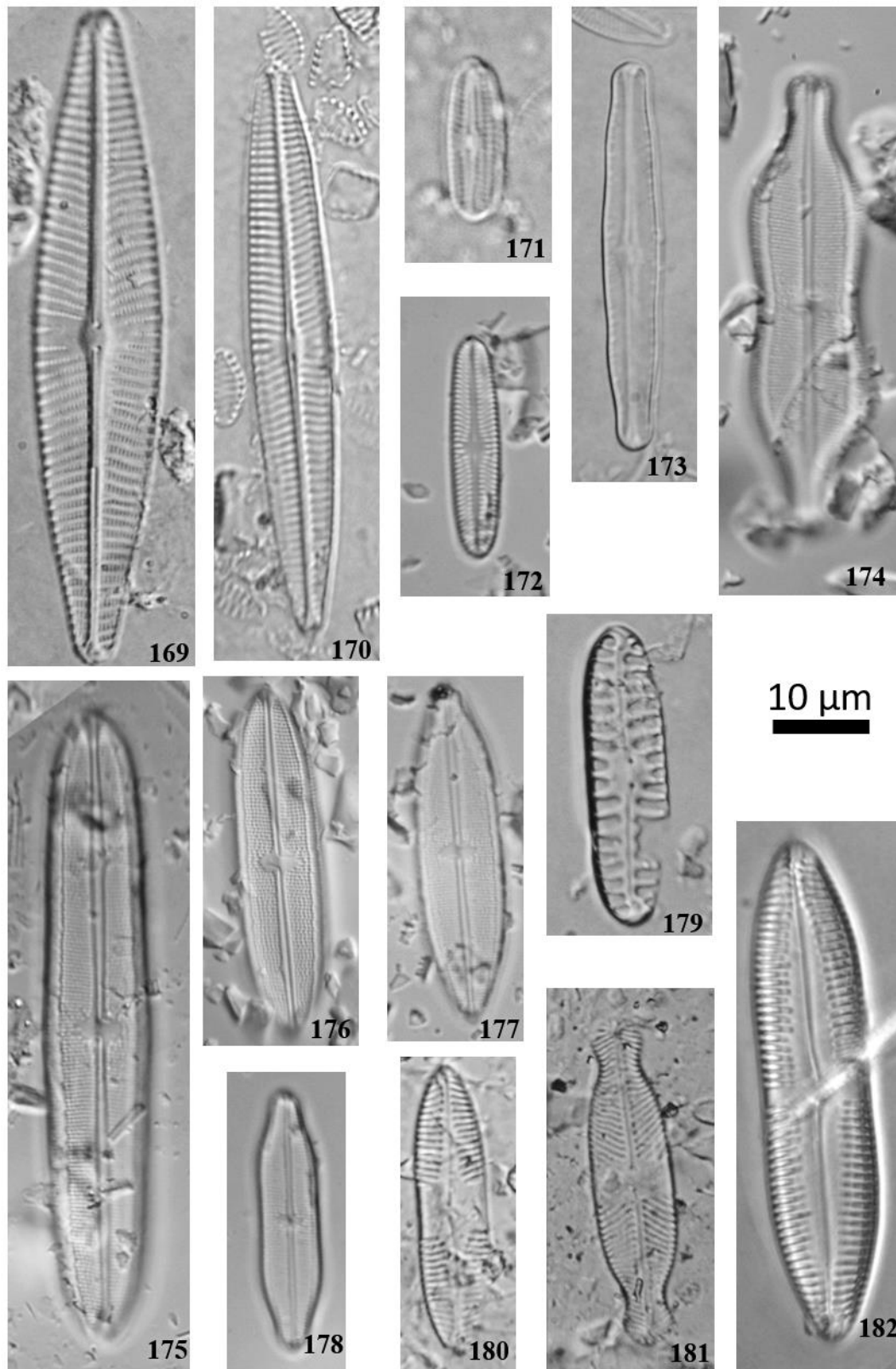
- Fig. 169 *Navicula peregrina* (Ehrenberg) Kützing
Fig. 170 *Navicula tripunctata* (Müller) Bory
Fig. 171 *Pseudofallacia tenera* (Hustedt) Liu, Kocioleck & Wang
Fig. 172 *Pseudofallacia* sp. 1
Fig. 173 *Veigaludwigia urbana* (Krasske) Lange-Bertalot & Rumrich

Familia Neidaceae

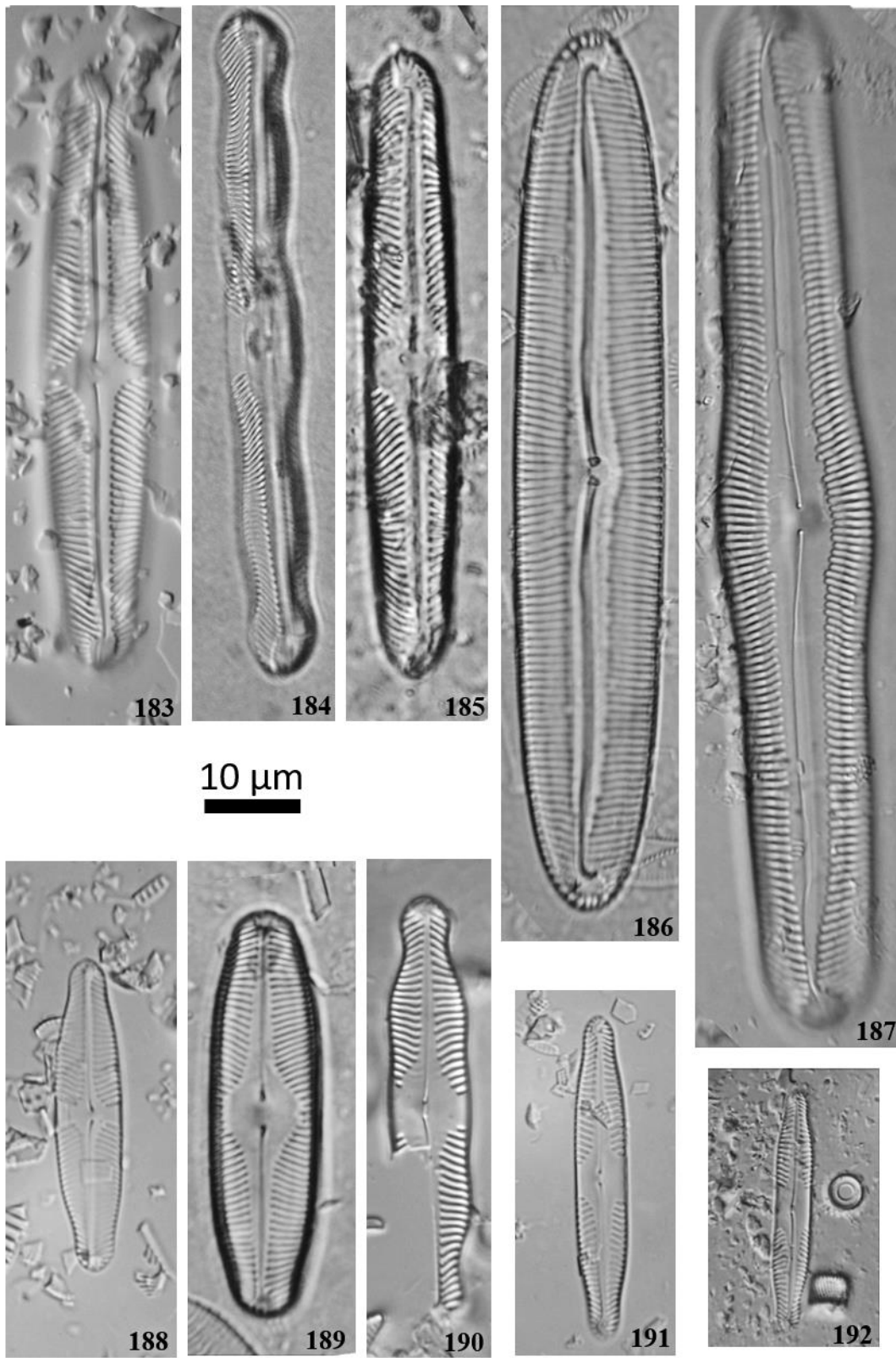
- Fig. 174 *Neidiomorpha binodiformis* (Krammer) Cantonati, Lange-Bertalot & Angeli
Fig. 175 *Neidium bisulcatum* (Lagerstedt) Cleve
Figs. 176-177 *Neidium subampliatum* (Grunow) Flower
Fig. 178 *Neidium affine* (Ehrenberg) Pfitzer

Familia Pinnulariaceae

- Fig. 179 *Pinnularia borealis* Ehrenberg
Fig. 180 *Pinnularia brebissonii* var. *acuta* Cleve-Euler
Fig. 181 *Pinnularia lundii* var. *linearis* Krammer
Fig. 182 *Pinnularia caloneiformis* Hustedt



- Fig. 183 *Pinnularia divergens* Smith
Fig. 184 *Pinnularia graciloides* var. *rumrichae* Krammer
Fig. 185 *Pinnularia microstauron* var. *microstauron* (Ehrenberg) Cleve
Fig. 186 *Pinnularia major* f. *subacuta* (Ehrenberg) Cleve
Fig. 187 *Pinnularia neomajor* var. *inflata* Krammer
Fig. 188 *Pinnularia microstauron* var. *rostrata* Krammer
Fig. 189 *Pinnularia renata* Krammer
Fig. 190 *Pinnularia septentrionalis* Krammer
Fig. 191 *Pinnularia* aff. *appendiculata* (Agardh) Schaarschmidt
Fig. 192 *Pinnularia* sp. 27



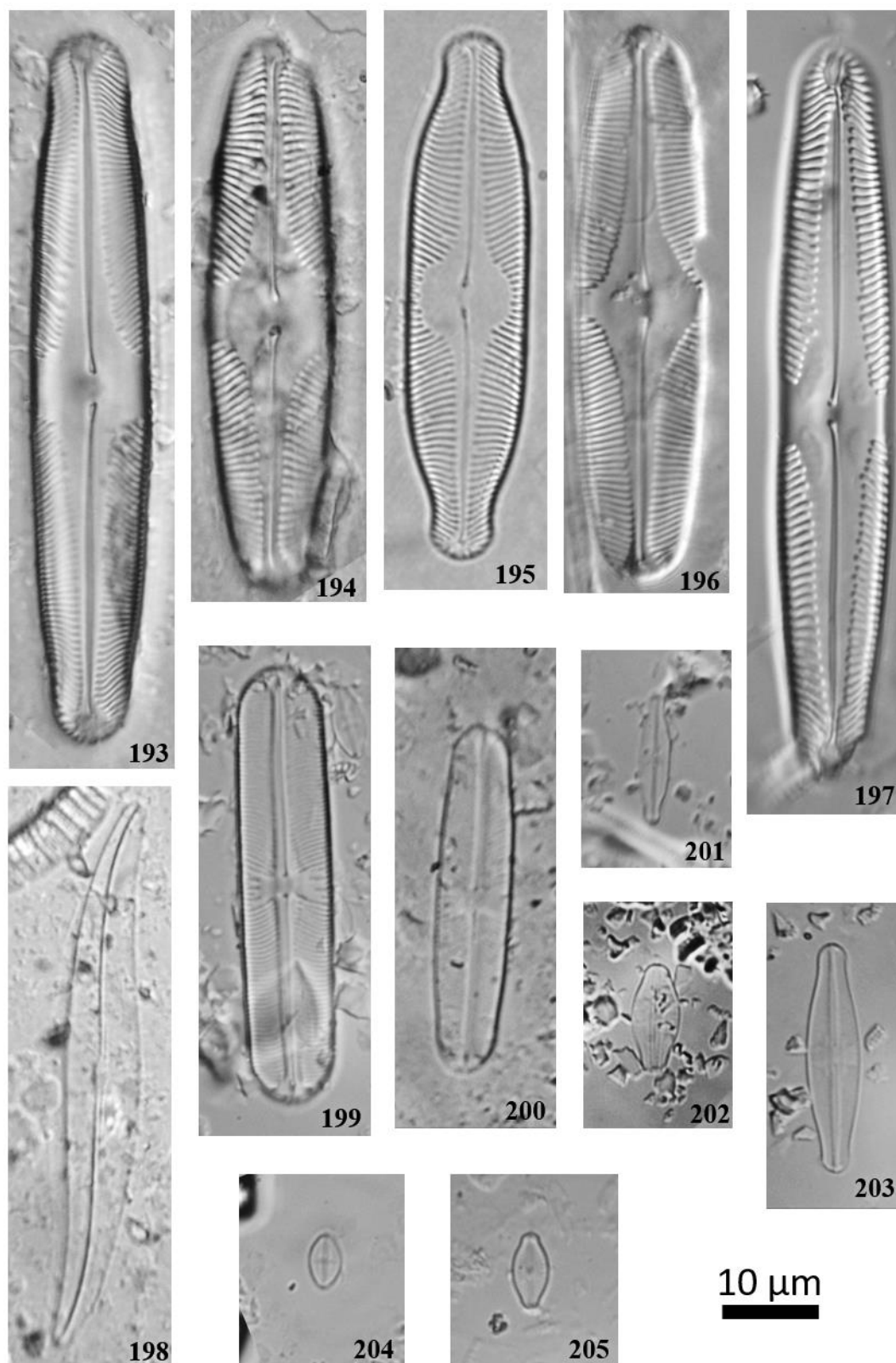
- Fig. 193 *Pinnularia pseudosimilis* Krammer
Fig. 194 *Pinnularia* aff. *brebissonii* (Kützinger) Rabenhorst
Fig. 195 *Pinnularia* sp. 11
Fig. 196 *Pinnularia* sp. 18
Fig. 197 *Pinnularia* sp. 24

Familia Pleurosigmataceae

- Fig. 198 *Gyrosigma acuminatum* (Kützinger) Rabenhorst

Familia Sellaphoraceae

- Fig. 199 *Sellaphora pupula* Φ 'cf. large' sensu Mann
Fig. 200 *Sellaphora pupula* Φ 'slender' sensu Mann
Fig. 201 *Sellaphora tridentula* (Krasske) Wetzel
Figs. 202-203 *Sellaphora* sp. 1
Fig. 204 *Sellaphora* sp. 2
Fig. 205 *Sellaphora* sp. 3



Familia Stauroneidaceae

Fig. 206 *Craticula* aff. *obaesa* Van de Vijver, Zidarova & Kopalová

Fig. 207 *Craticula* sp. 3

Figs. 208-209 *Stauroneis nebulosa* (Krasske) Lange-Bertalot

Fig. 210 *Stauroneis subaustralis* Van de Vijver & Lange-Bertalot

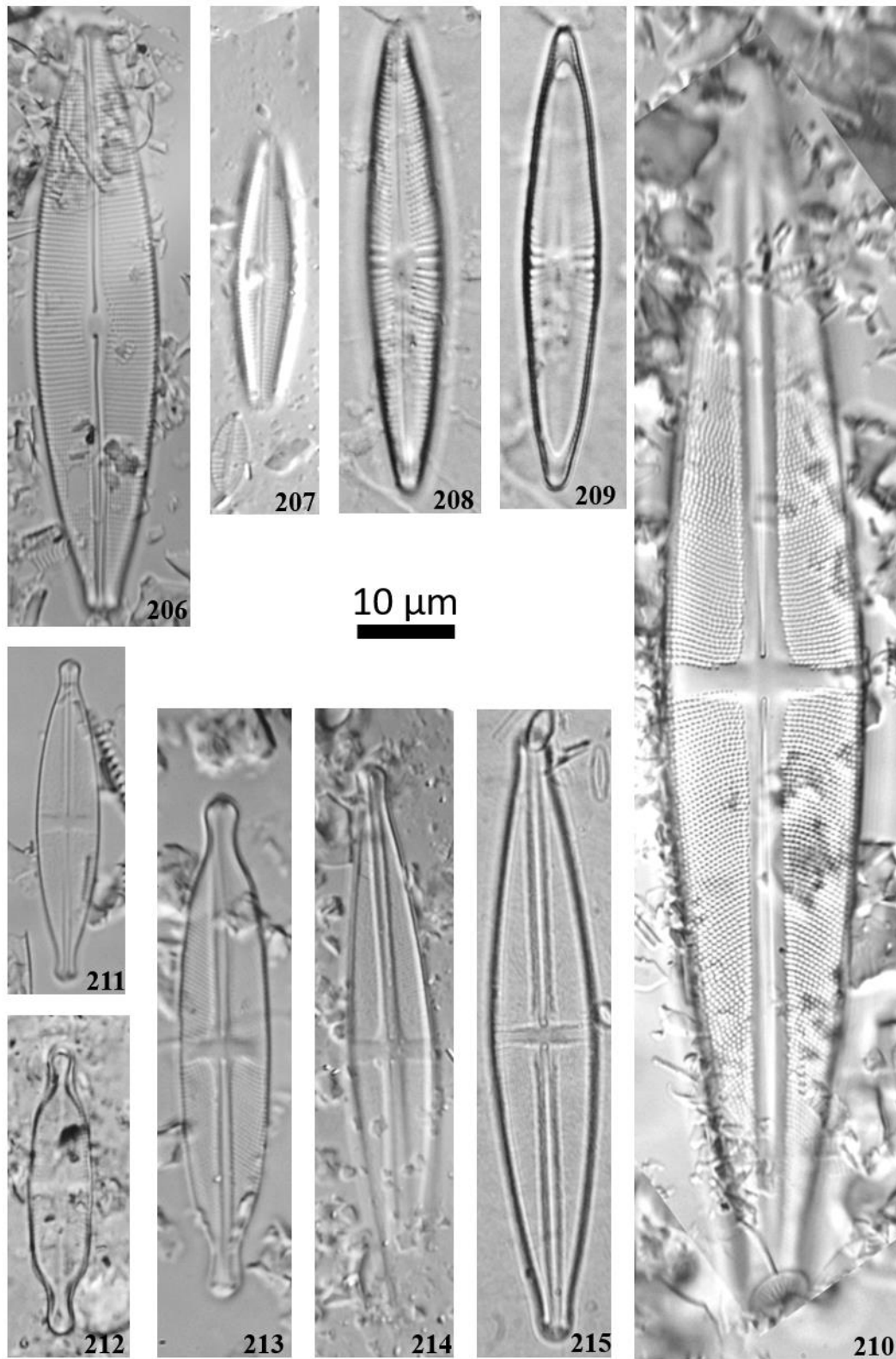
Fig. 211 *Stauroneis acidojarensis* Zidarova, Kopalová & Van de Vijver

Fig. 212 *Stauroneis* aff. *producta* Grunow

Fig. 213 *Stauroneis reichardtii* Lange-Bertalot, Cavacini, Tagliaventi & Alfinito

Fig. 214 *Stauroneis* aff. *bryocola* Van de Vijver & Lange-Bertalot

Fig. 215 *Stauroneis* sp. 2



Orden Rhopalodiales**Familia Rhopalodiaceae**

Fig. 215 *Epithemia adnata* (Kützing) Brébisson

Fig. 216 *Epithemia argus* (Ehrenberg) Kützing

Fig. 217 *Epithemia sorex* Kützing

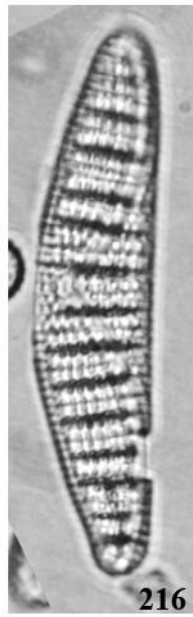
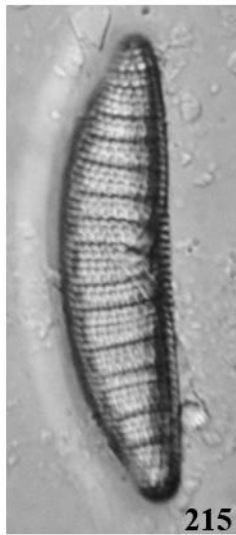
Fig. 218 *Epithemia turgida* (Ehrenberg) Kützing

Familia Surirellaceae

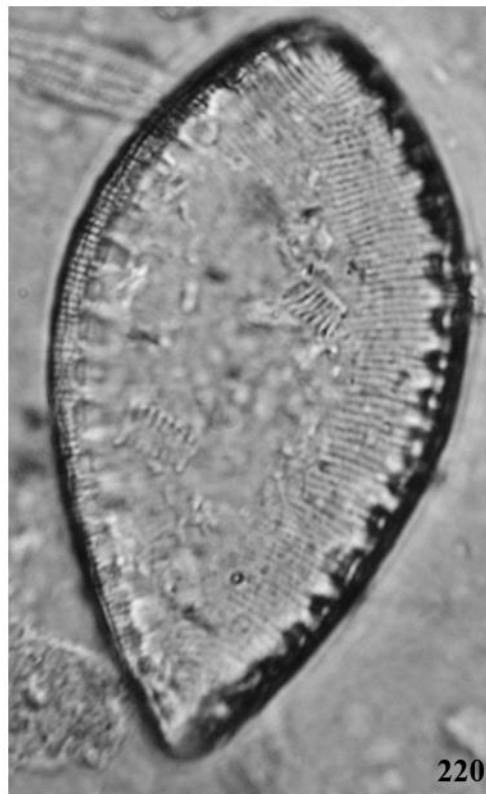
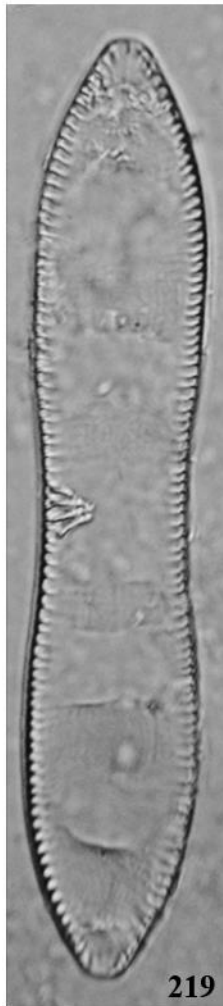
Fig. 219 *Surirella librile* (Ehrenberg) Ehrenberg

Fig. 220 *Iconella guatimalensis* (Ehrenberg) Ruck & Nakov

Fig. 221 *Iconella delicatissima* (Lewis) Ruck & Nakov



10 μm

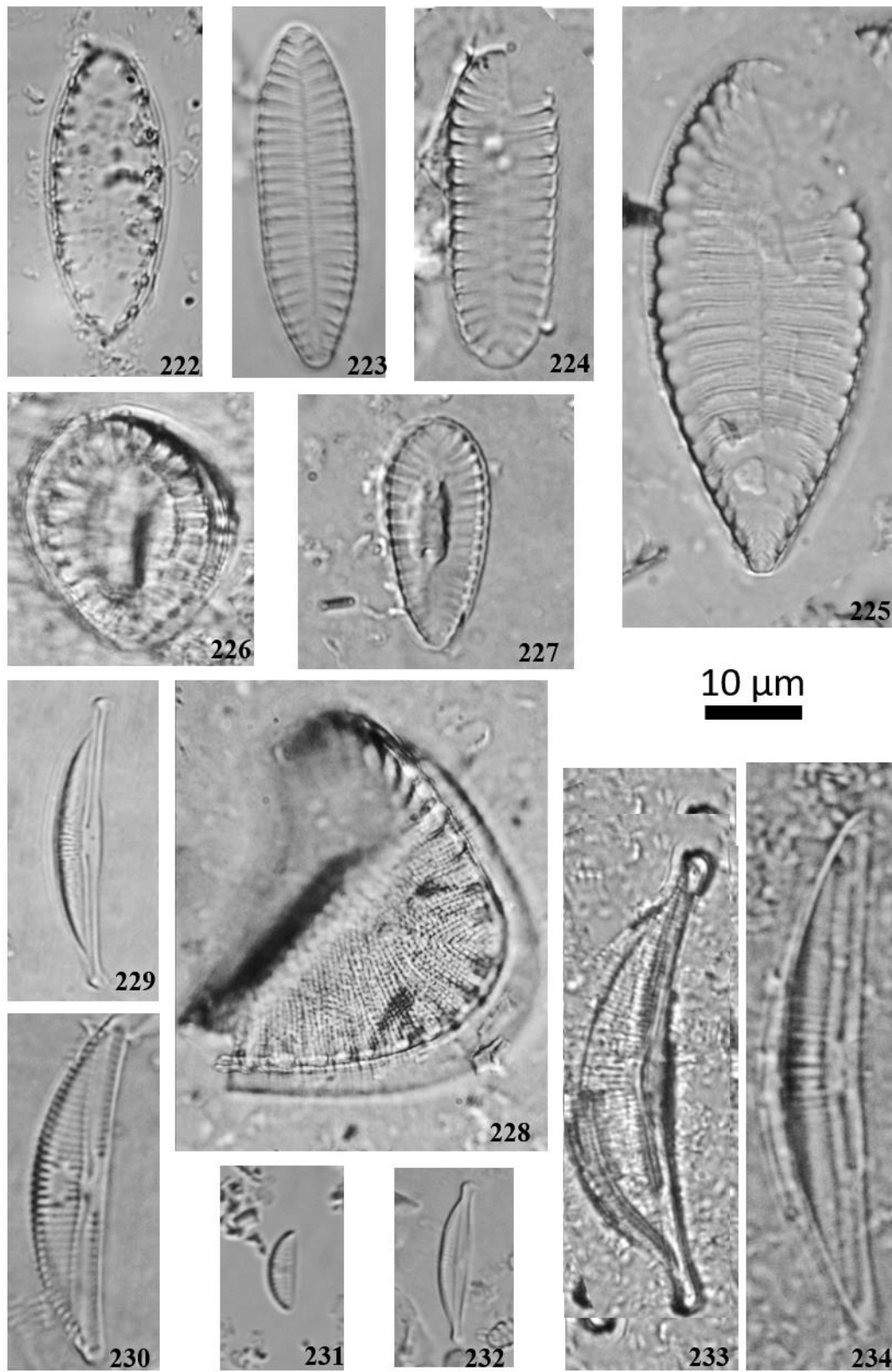


- Fig. 222 *Iconella linearis* (Smith) Ruck & Nakov
Fig. 223 *Surirella angusta* Kützing
Fig. 224 *Surirella minuta* var. *peduliformis* Frenguelli
Fig. 225 *Iconella splendida* (Ehrenberg) Ruck & Nakov
Fig. 226 *Surirella utahensis* (Grunow) Hanna & Grant
Fig. 227 *Surirella minuta* var. *minuta* Brébisson ex Kützing
Fig. 228 *Surirella peisonis* Pantoseck

Orden Thalassiophysales

Familia Catenulaceae

- Fig. 229 *Halamphora oligotraphenta* (Lange-Bertalot) Levkov
Fig. 230 *Amphora copulata* (Kützing) Schoeman & Archibald
Fig. 231 *Amphora pediculus* (Kützing) Grunow
Fig. 232 *Halamphora tenerrima* (Aleem & Hustedt) Levkov
Fig. 233 *Halamphora mira* (Krasske) Levkov
Fig. 234 *Halamphora veneta* (Kützing) Levkov

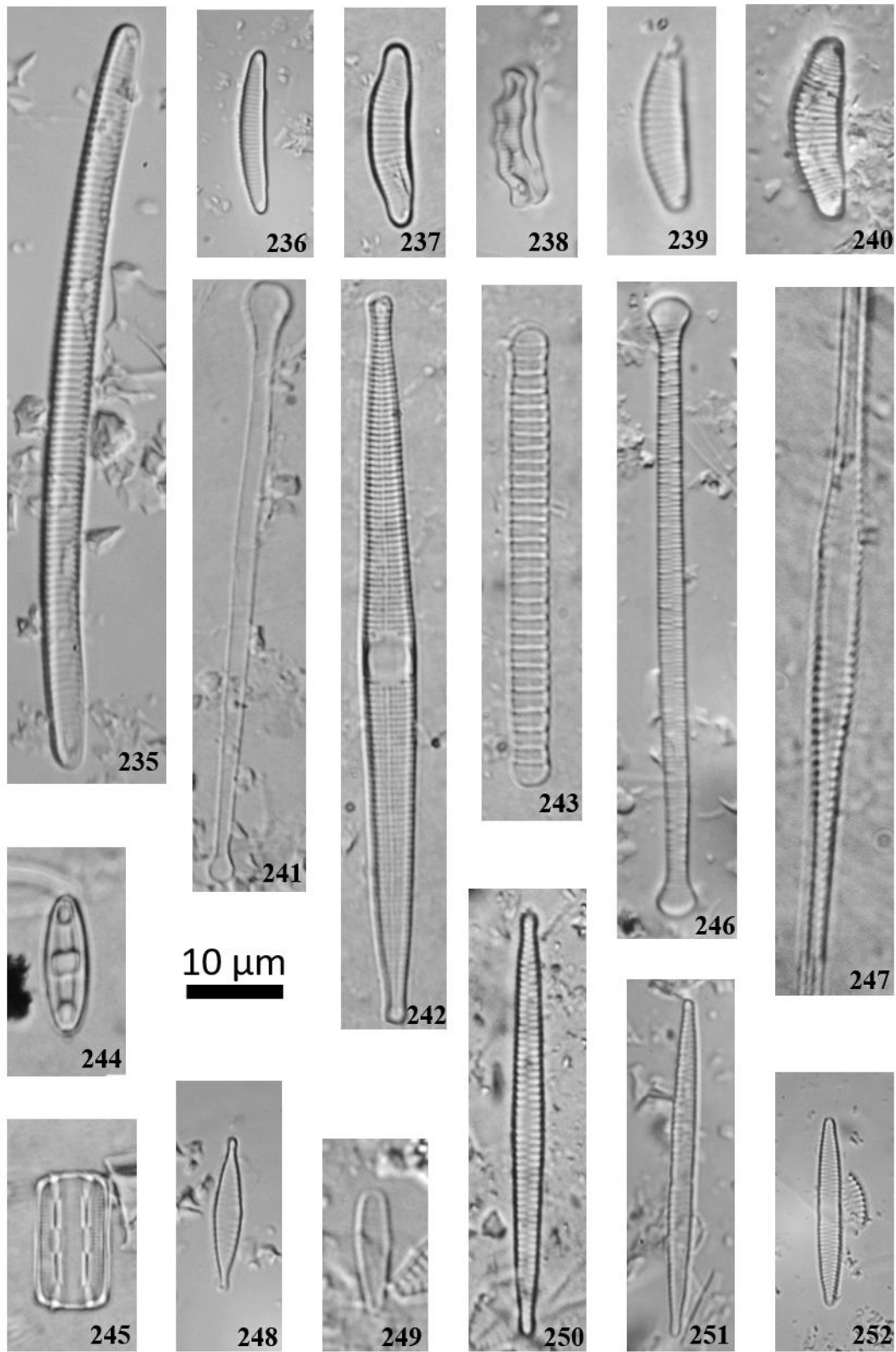


Subclass Eunotiophycidae**Orden Eunotiales****Familia Eunotiaceae**

- Fig. 235 *Eunotia flexuosa* (Brébisson ex Kützing) Kützing
Fig. 236 *Eunotia bilunaris* (Ehrenberg) Schaarschmidt
Fig. 237 *Eunotia implicata* Nörpel, Lange-Bertalot & Alles
Fig. 238 *Eunotia muscicola* var. *tridentula* Nörpel & Lange-Bertalot
Fig. 239 *Eunotia* aff. *subarcuatoides* Alles, Nörpel & Lange-Bertalot
Fig. 240 *Eunotia* aff. *vanheurckii* Patrick

Subclass Fragilariophycidae**Orden Fragilariales****Familia Fragilariaceae**

- Fig. 241 *Asterionella Formosa* Hassall
Fig. 242 *Ctenophora pulchella* (Ralfs ex Kützing) Williams & Round
Fig. 243 *Diatoma tenuis* Agardh
Figs. 244-245 *Diatomella balfouriana* Greville
Fig. 246 *Distrionella germainii* (Reichardt & Lange-Bertalot) Morales, Bahls & Cody
Fig. 247 *Fragilaria crotonensis* Kitton
Fig. 248 *Fragilaria recapitellata* Lange-Bertalot & Metzeltin
Fig. 249 *Fragilariforma virescens* var. *subsalina* (Grunow) L.N.Bukhtiyarova
Fig. 250 *Fragilaria* aff. *pectinalis* (Müller) Lyngbye
Fig. 251 *Fragilaria* aff. *amphicephaloides* Lange-Bertalot
Fig. 252 *Fragilaria* sp. 3

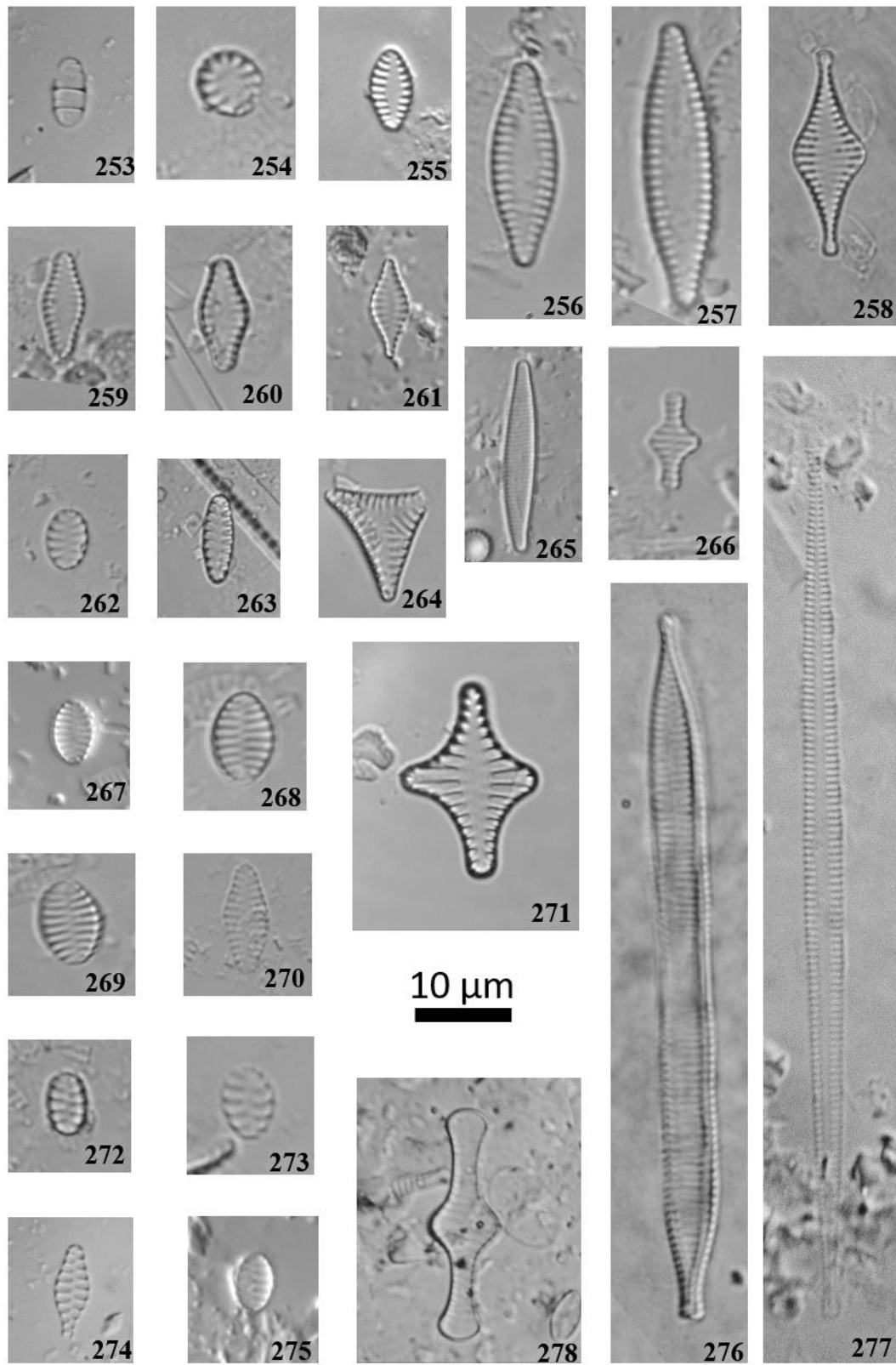


- Fig. 253 *Odontidium mesodon* (Kützinger) Kützinger
 Fig. 254 *Pseudostaurosira sopotensis* (Witkowski & Lange-Bertalot) Morales, Wetzel & Ector
 Fig. 255 *Pseudostaurosira* aff. *elliptica* (Schumann) Edlund, Morales & Spaulding
 Figs. 256-257 *Pseudostaurosira* sp. 1
 Fig. 258 *Pseudostaurosira* sp. 3
 Figs. 259-260 *Pseudostaurosira* sp. 4
 Fig. 261 *Pseudostaurosira* sp. 5
 Fig. 262 *Punctastriata ovalis* Williams & Round
 Fig. 263 *Punctastriata* aff. *linearis* Williams & Round
 Fig. 264 *Punctastriata* sp. 1
 Fig. 265 *Stauroforma inermis* Flower, Jones & Round
 Fig. 266 *Staurosira magallanica* García, Maidana, Ector & Morales
 Fig. 267 *Staurosira venter* (Ehrenberg) Cleve & Möller
 Figs. 268-269 *Staurosira* aff. *dimorpha* Morales, Edlund & Spaulding
 Fig. 270 *Staurosira* aff. *incerta* Morales
 Fig. 271 *Staurosirella leptostauron* (Ehrenberg) Williams & Round
 Figs. 272-273 *Staurosirella* sp. 6
 Fig. 274 *Staurosirella* sp. 8
 Fig. 275 *Staurosirella* sp. 12
 Fig. 276 *Ulnaria ramesii* (Héribaude-Joseph) Ohtsuka
 Fig. 277 *Tabularia* sp. 1

Orden Tabellariales

Familia Tabellariaceae

- Fig. 278 *Tabellaria flocculosa* (Roth) Kützinger



- Fig. 279 *Aulacoseira distans* var. *distans* (Ehrenberg) Simonsen
Fig. 280 *Aulacoseira distans* var. *laevissima* (Grunow) Haworth
Fig. 281 *Aulacoseira* sp. 1
Fig. 282 *Aulacoseira* sp. 2
Fig. 283 *Arcanodiscus plattii* N.Maidana & Morales
Fig. 284 *Urosolenia eriensis* (H.L.Smith) Round & Crawford
Fig. 285 *Cyclostephanos patagonicus* Guerrero & Echenique
Fig. 286 *Cyclostephanos salsae* N.Maidana & G.A. Aponte

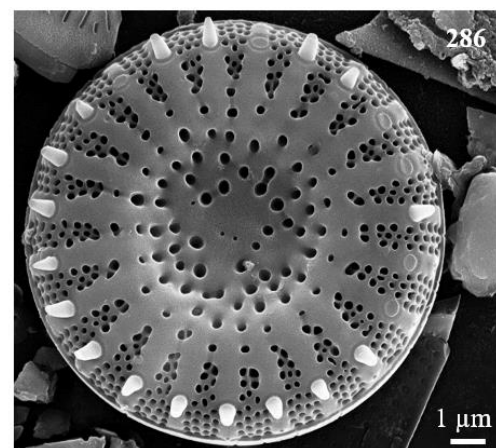
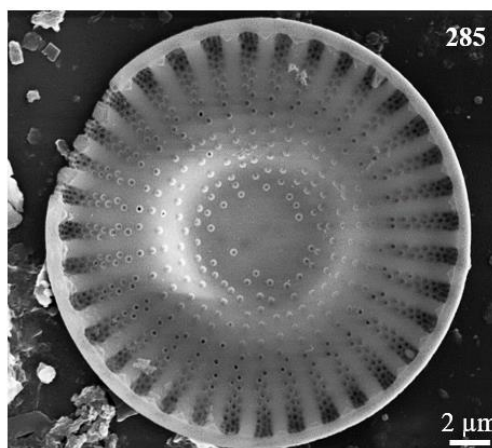
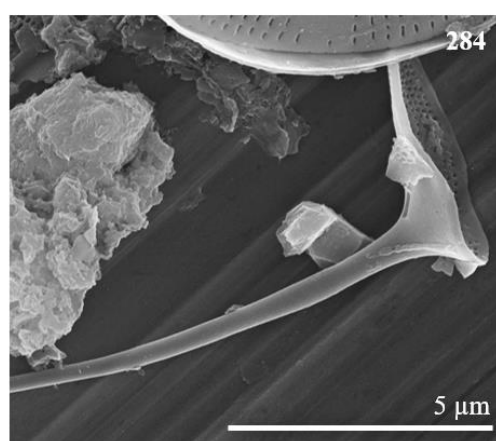
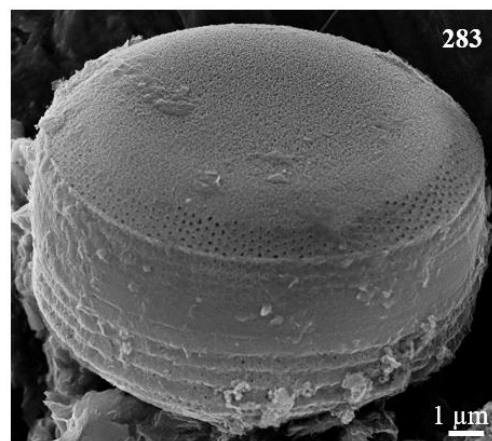
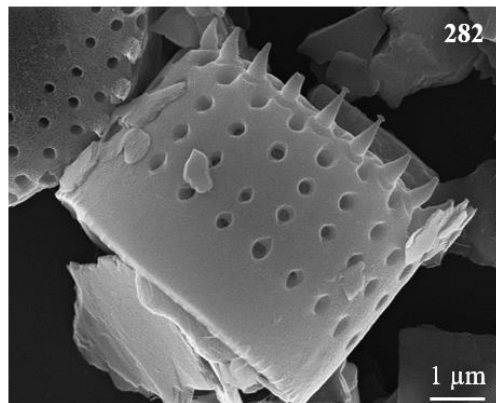
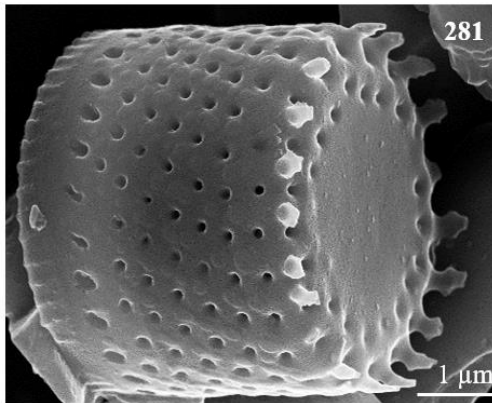
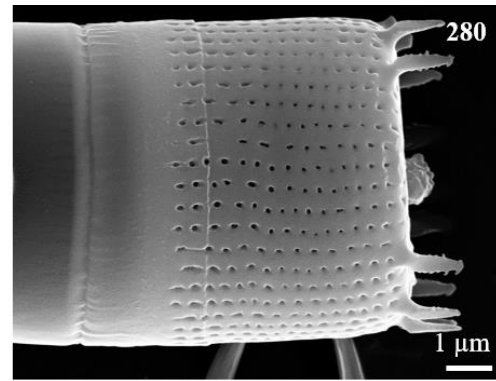
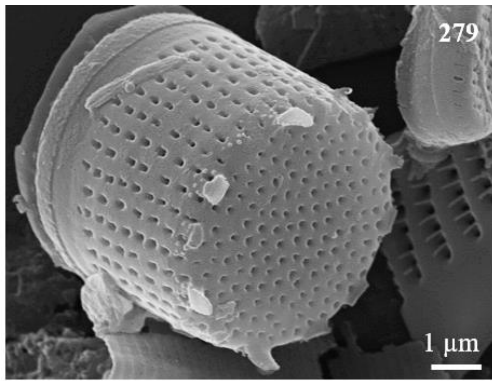


Fig. 287 *Cyclotella agassizensis* Håkansson & Kling

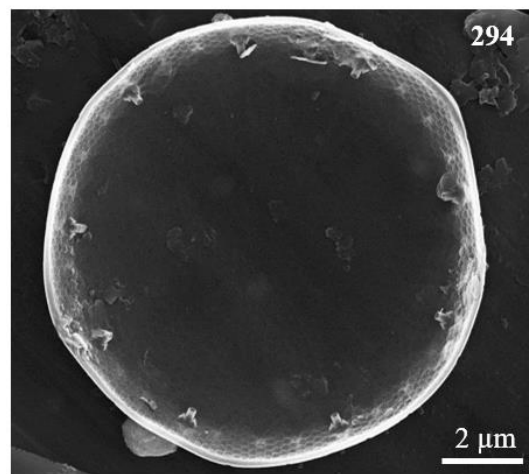
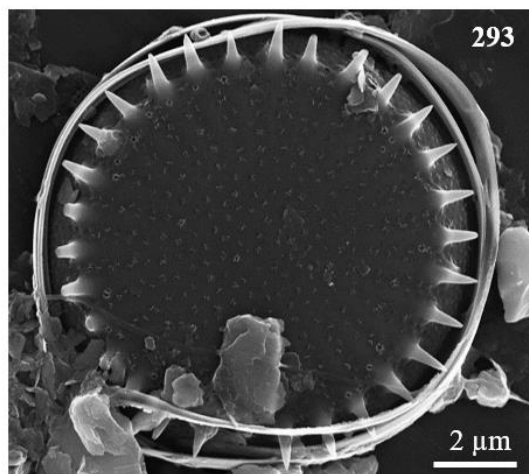
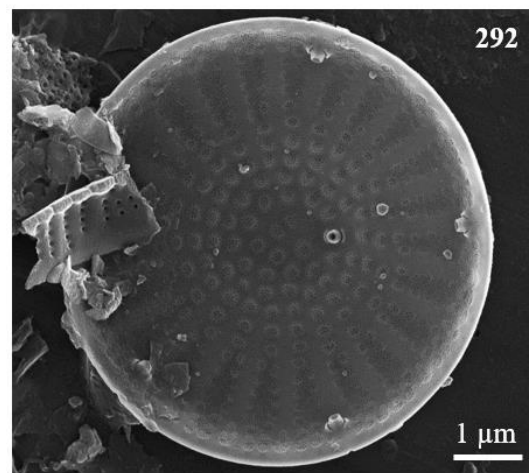
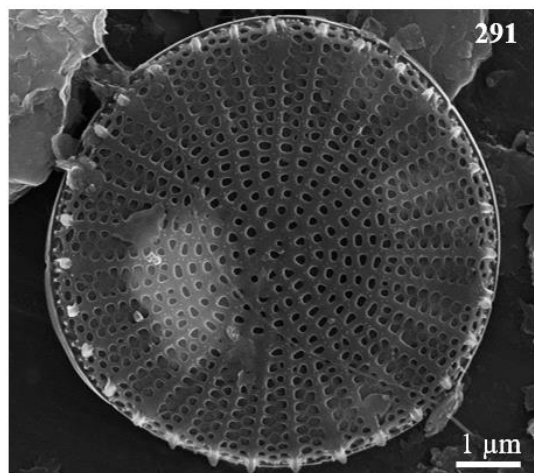
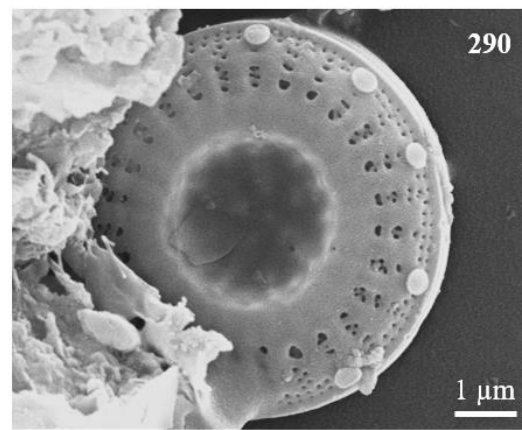
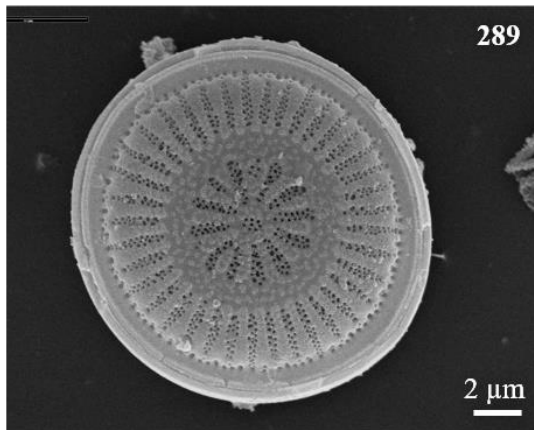
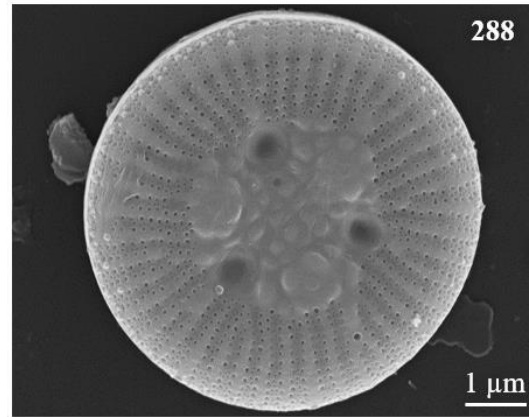
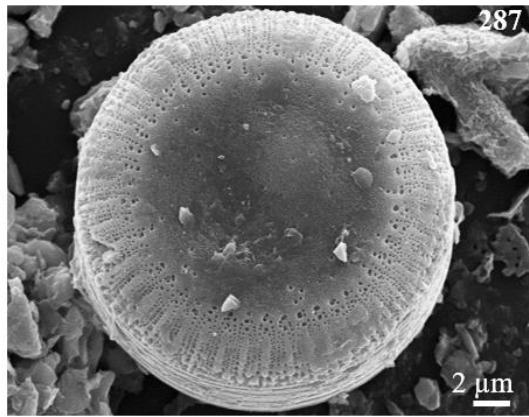
Fig. 288 *Cyclotella ocellata* Pantoseck

Fig. 289 *Discostella stelligera* (Cleve & Grunow) Houk & Klee

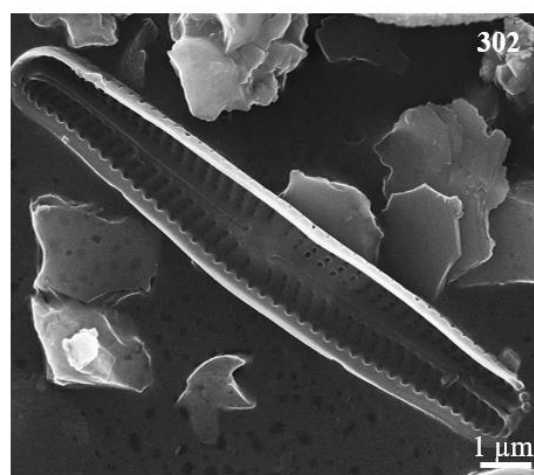
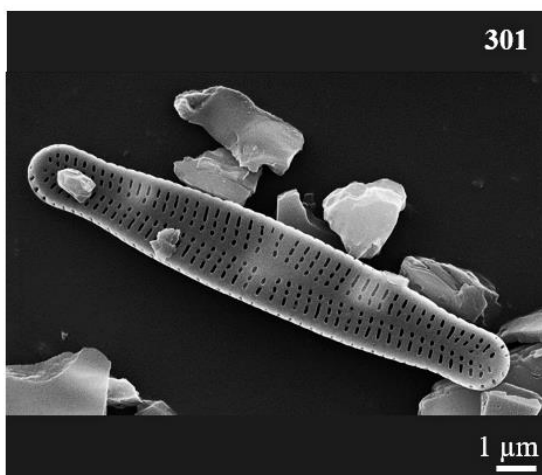
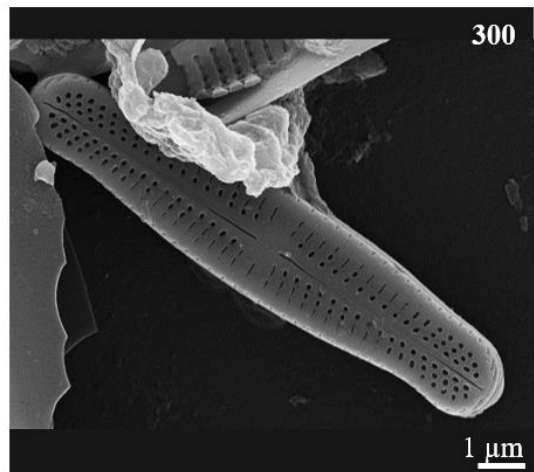
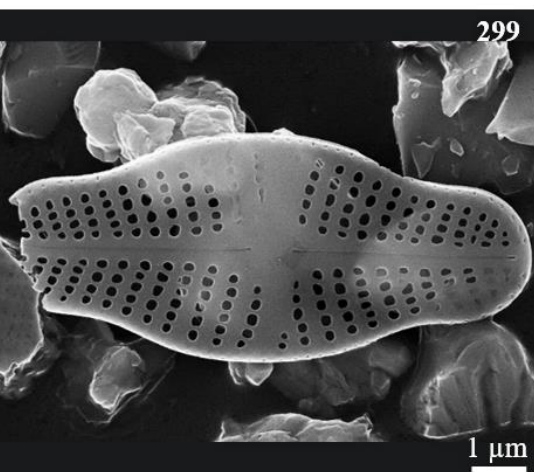
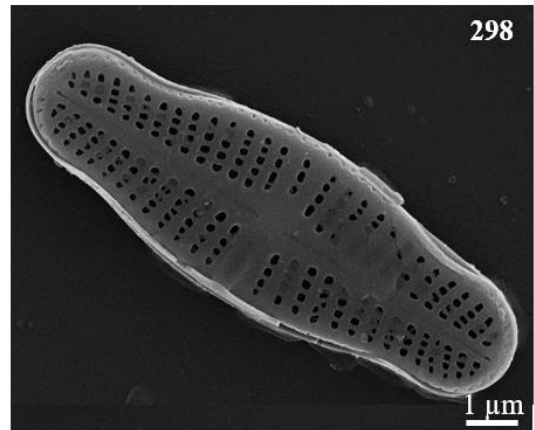
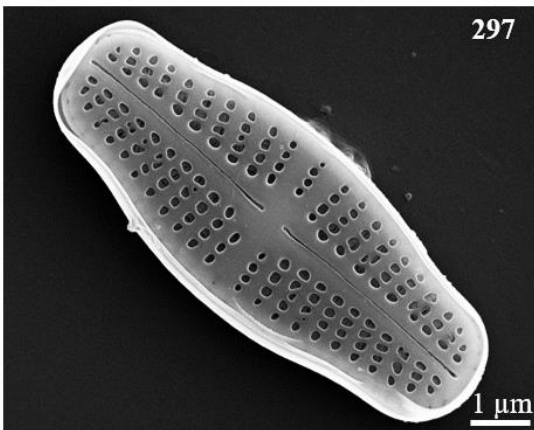
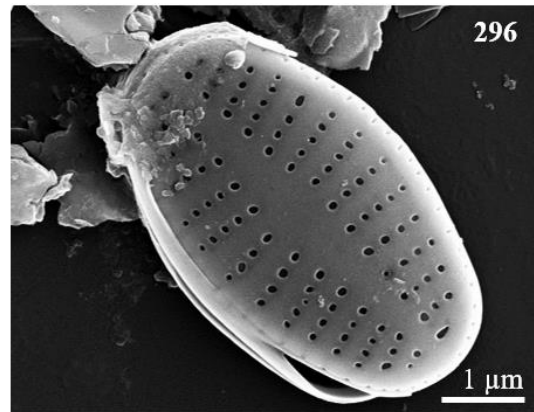
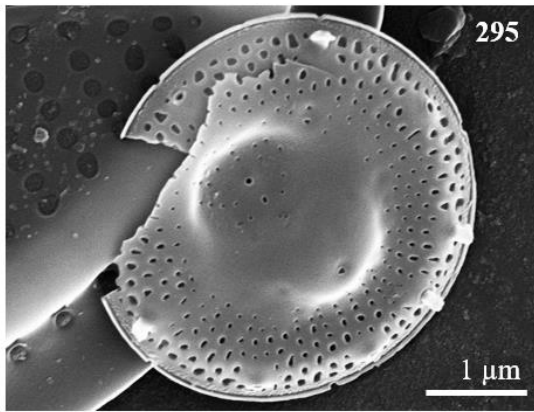
Fig. 290 *Discostella glomerata* (Bachmann) Houk & Klee

Figs. 291-292 *Stephanodiscus parvus* Stoermer & Håkansson

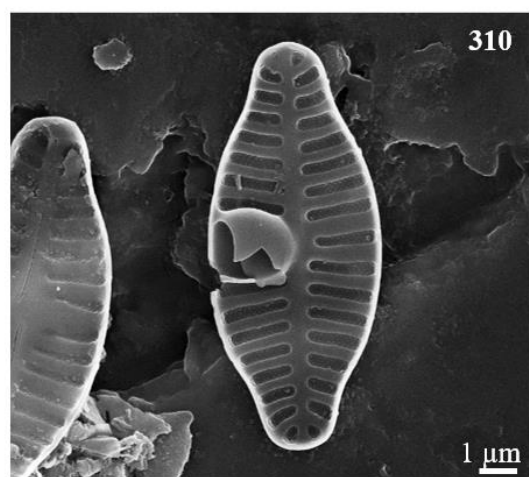
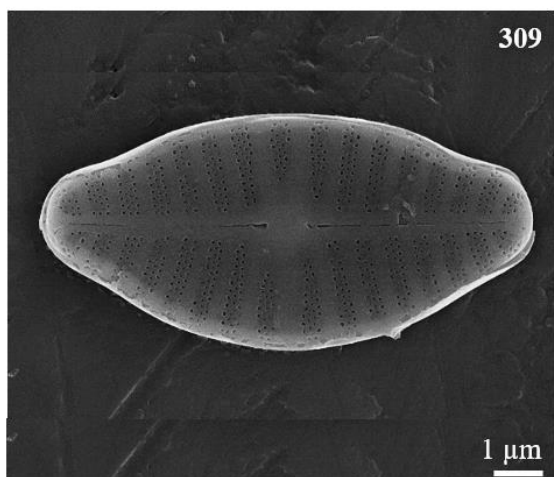
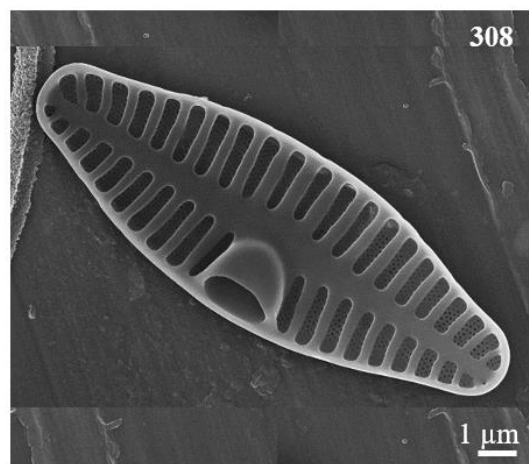
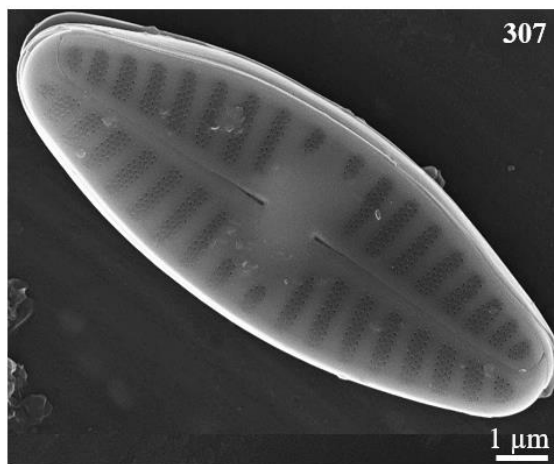
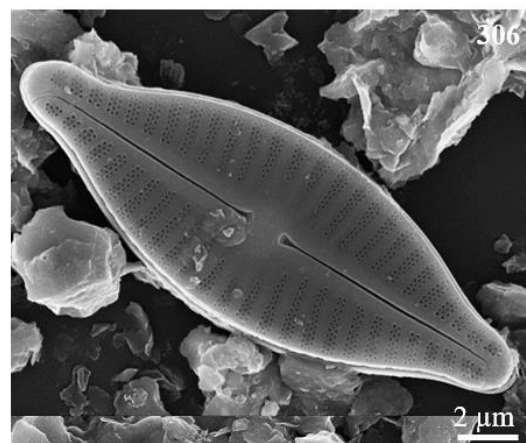
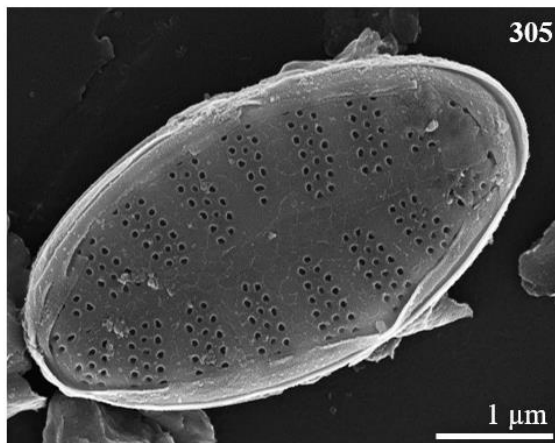
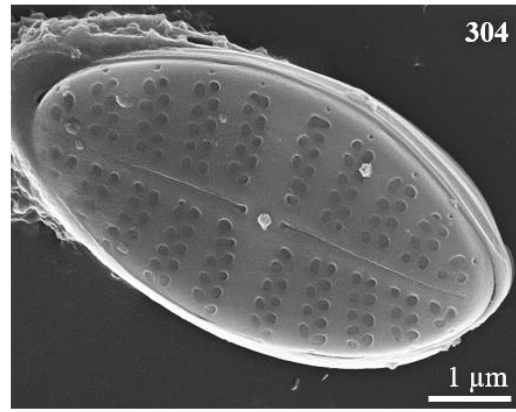
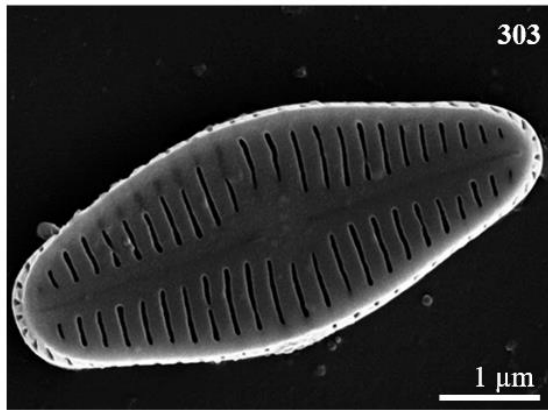
Figs. 293-294 *Stephanodiscus hantzschii* Grunow



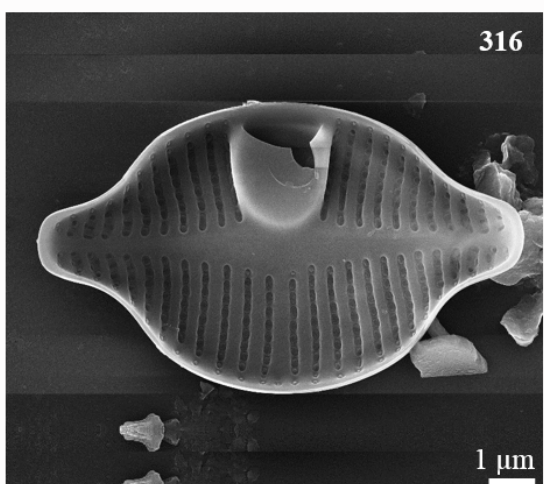
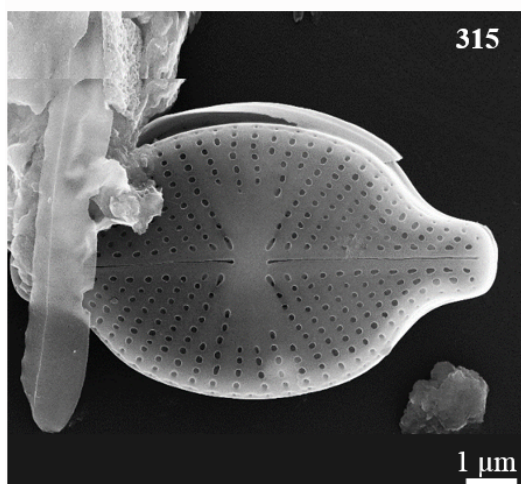
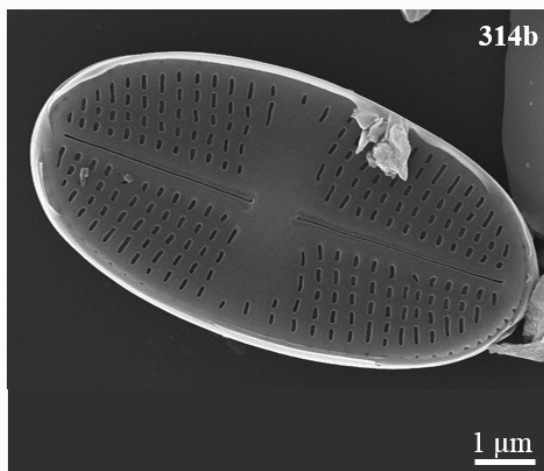
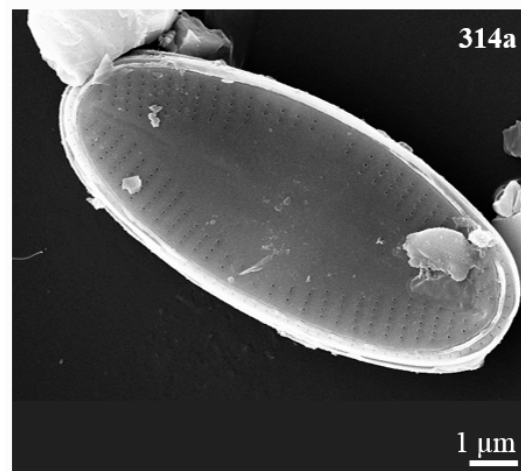
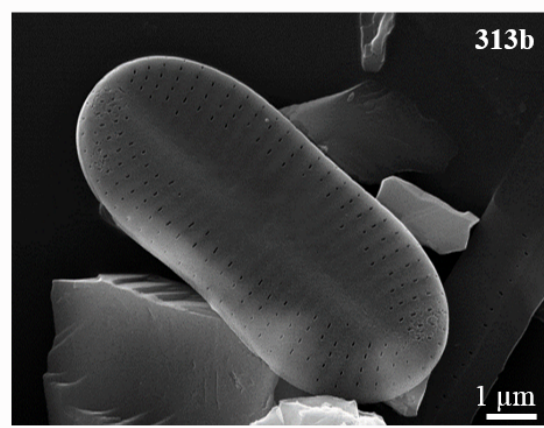
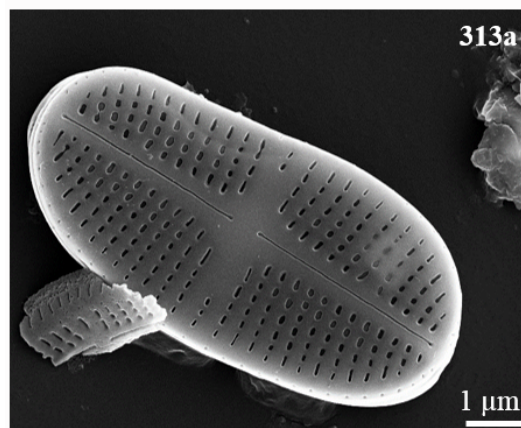
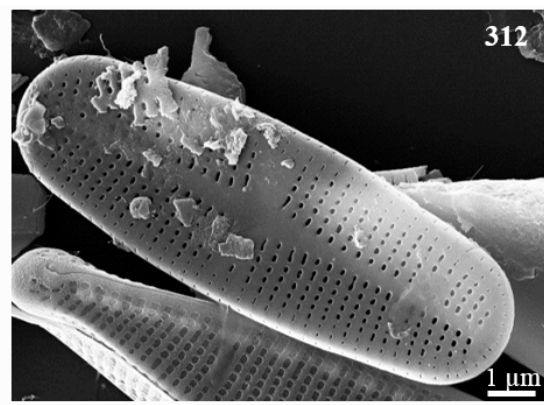
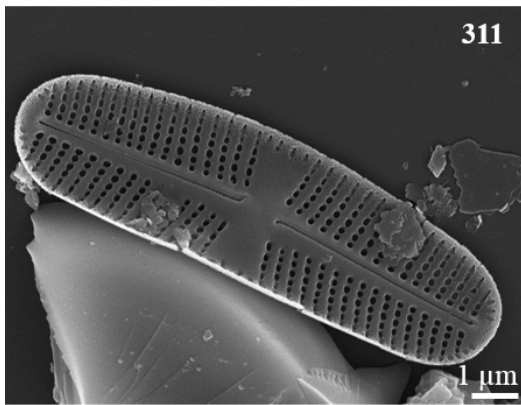
- Fig. 295 *Spicaticribra patagónica* (N.Maidana) Kocioleck & Khursovich
Fig. 296 *Achnanthes* sp. 14
Figs. 297-298 *Achnanthidium macrocephalum* (Hustedt) Round & Bukhtiyarova
Fig. 299 *Achnanthidium modestiforme* (Lange-Bertalot) Van de Vijver
Fig. 300 *Achnanthidium* aff. *lailae* Van de Vijver
Figs. 301-302 *Achnanthidium* aff. *sieminskae* Witkowski, Kulikovskiy & Riaux-Gobin



- Fig. 303 *Karayevia carissima* (Lange-Bertalot) Bukhtiyarova
Figs. 304-305 *Planothidium conspicuum* (Mayer) Aboal
Fig. 306 *Planothidium delicatulum* (Kützing) Round & Bukhtiyarova
Figs. 307-308 *Planothidium lanceolatum* (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot
Figs. 309-310 *Planothidium rostratum* (Østrup) Lange-Bertalot



Figs. 311-312 *Psamothidium abundans* (Manguin) Bukhtiyarova & Round
Figs. 313a-313b *Psamothidium didymum* (Hustedt) Bukhtiyarova & Round
Fig. 314a *Psamothidium marginulatum* (Grunow) Bukhtiyarova & Round
Fig. 314b *Psamothidium subatomoides* (Hustedt) Bukhtiyarova & Round
Figs. 315-316 *Skabitschewska pergalloi* (Brun & Héribaude-Joseph) Kuliskovskiy
& Lange-Bertalot



Figs. 317-318 *Anorthoneis dulcis* Hein

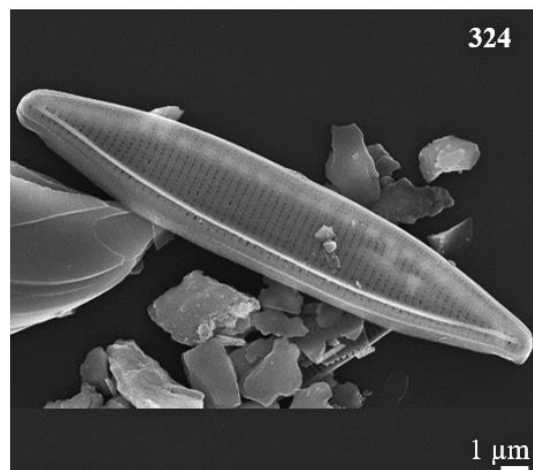
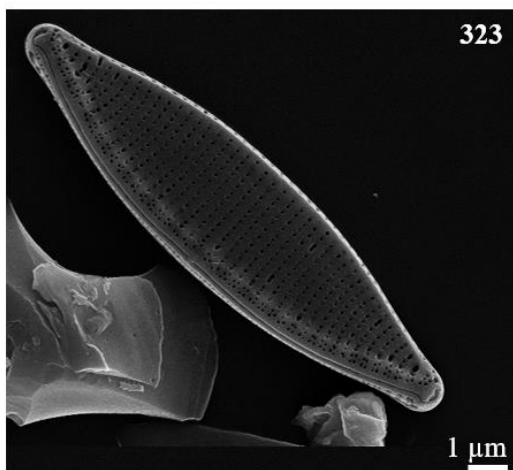
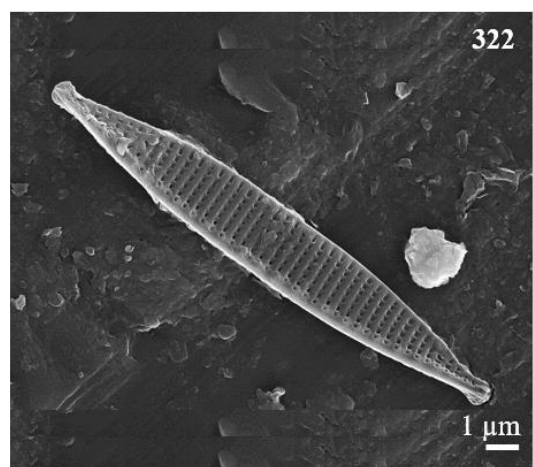
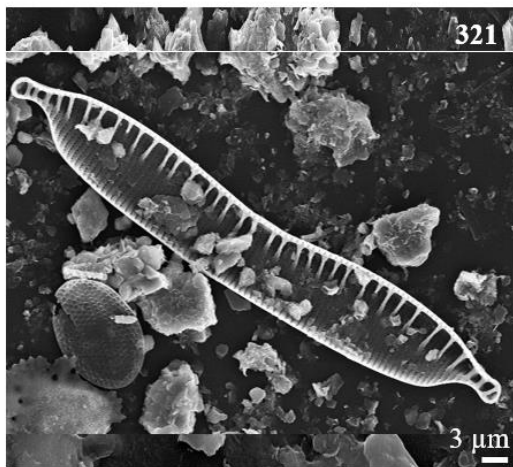
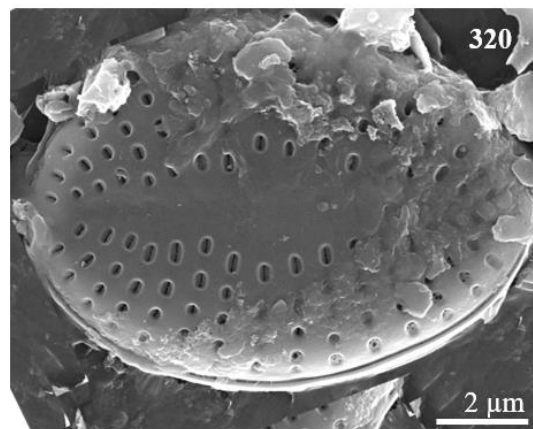
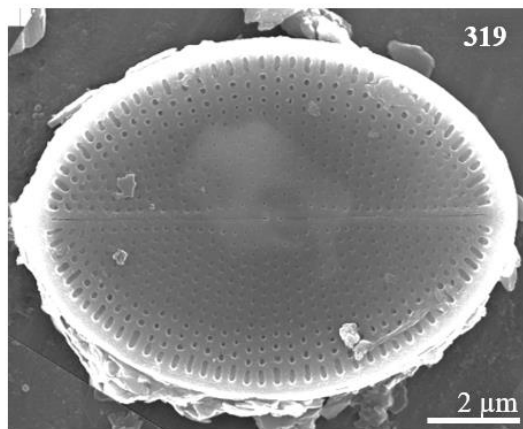
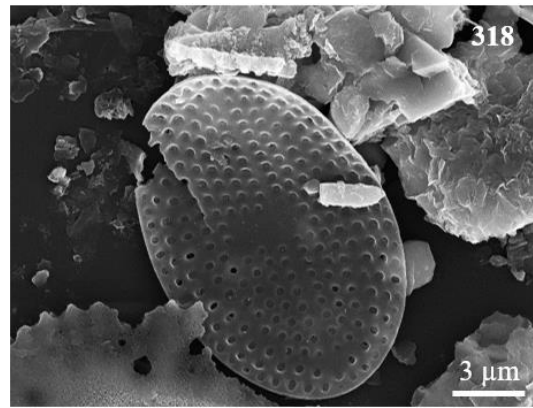
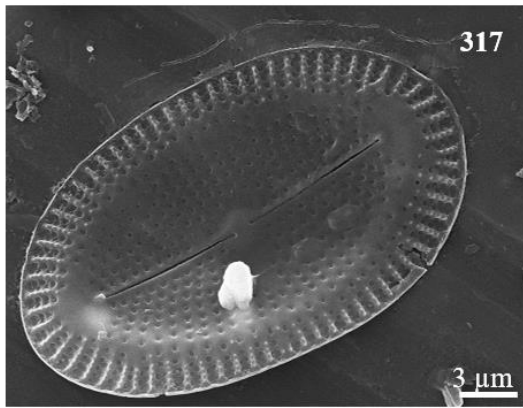
Figs. 319-320 *Cocconeis neuquina* Frenguelli

Fig. 321 *Hantzschia virgata* (Roper) Grunow

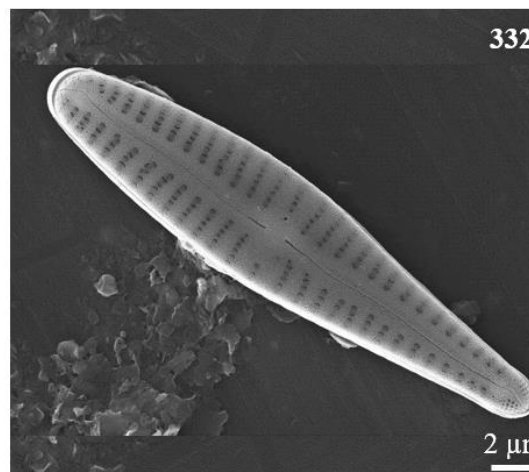
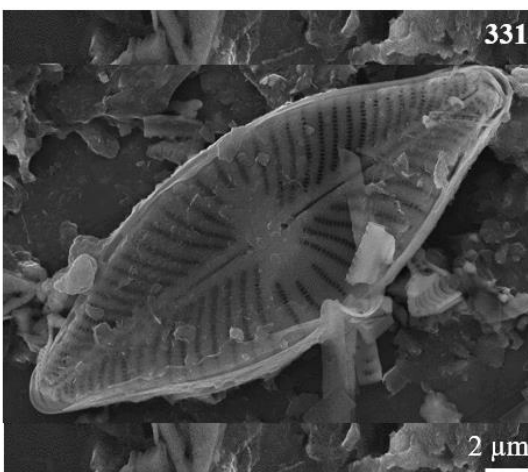
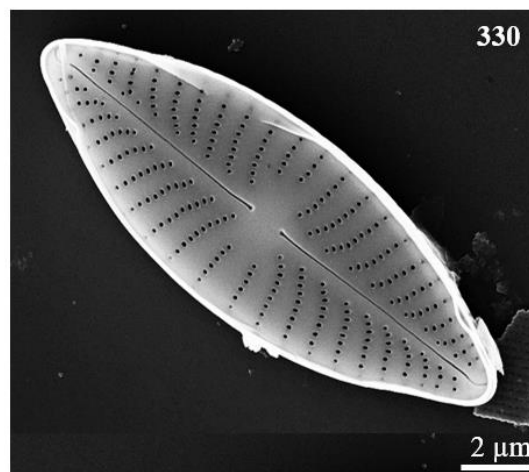
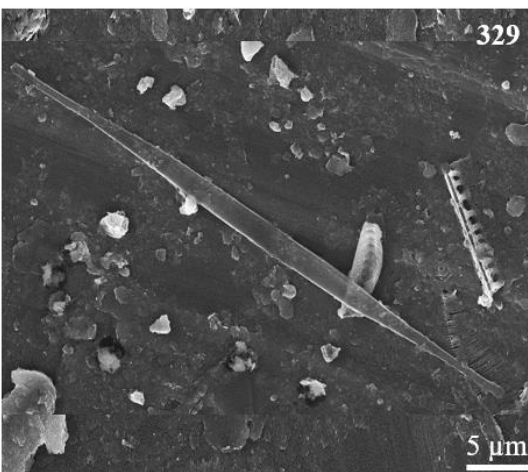
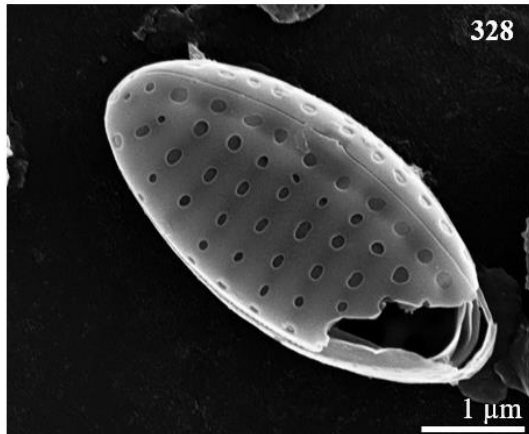
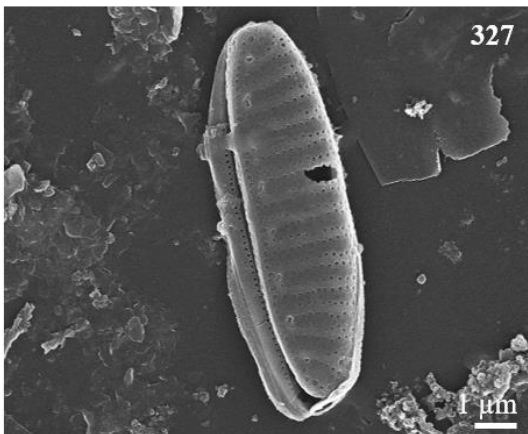
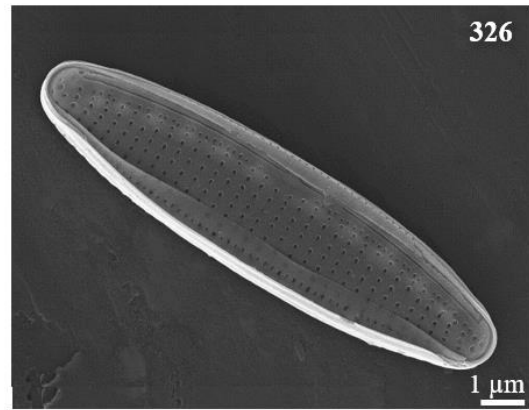
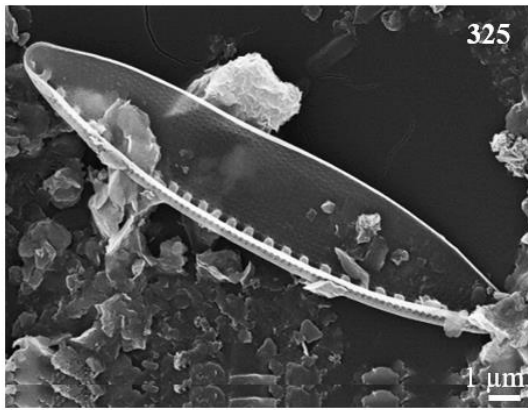
Fig. 322 *Nitzschia bacillum* Hustedt

Fig. 323 *Nitzschia fonticola* (Grunow) Grunow

Fig. 324 *Nitzschia frustulum* var. *minutula* Grunow



- Fig. 325 *Nitzschia pusilla* Grunow
Fig. 326 *Nitzschia soratensis* Morales & Vis
Fig. 327 *Nitzschia valdestriata* Aleem & Hustedt
Fig. 328 *Nitzschia* aff. *inconspicua* Grunow
Fig. 329 *Nitzschia* aff. *subacicularis* Hustedt
Fig. 330 *Placoneis elginensis* var. *cuneata* (Møller ex Foged) Lange-Bertalot
Fig. 331 *Placoneis* aff. *chilensis* Lange-Bertalot & Rumrich
Fig. 332 *Gomphonema* aff. *subclavatum* (Grunow) Grunow



Figs. 333-334 *Nupela lapidosa* (Krasske) Lange-Bertalot

Figs. 335-336 *Nupela* sp. 1

Fig. 337 *Chamaepinnularia antarctica* Van de Vijver, Kopalová & Zidarova

Fig. 338 *Navicula salinicola* Hustedt

Fig. 339 *Navicula* sp. 6

Fig. 340 *Pseudofallacia tenera* (Hustedt) Liu, Kocioleck & Wang

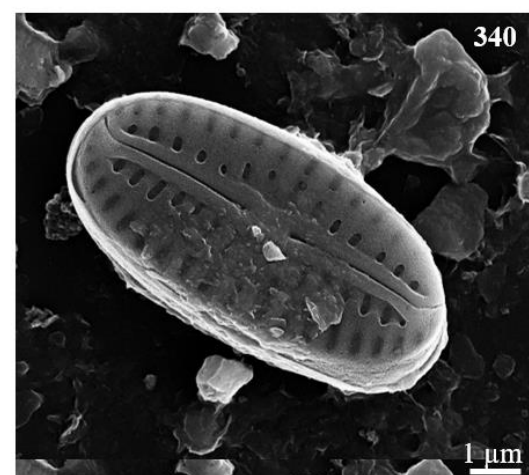
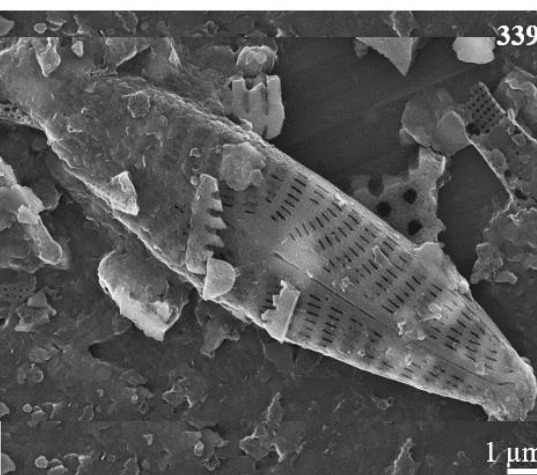
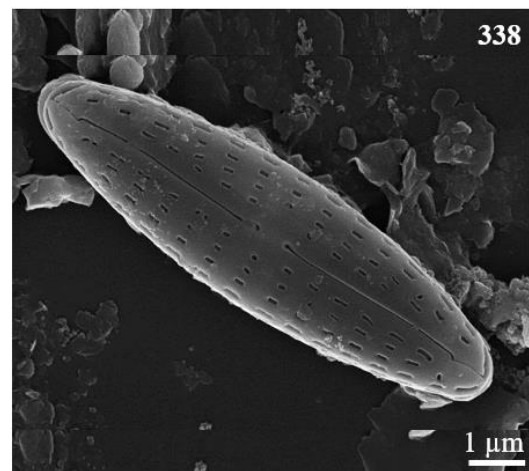
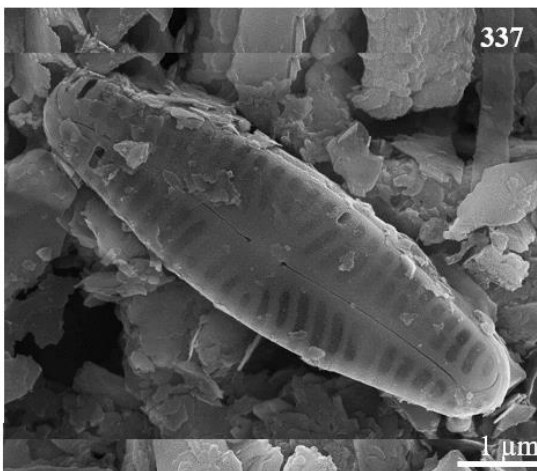
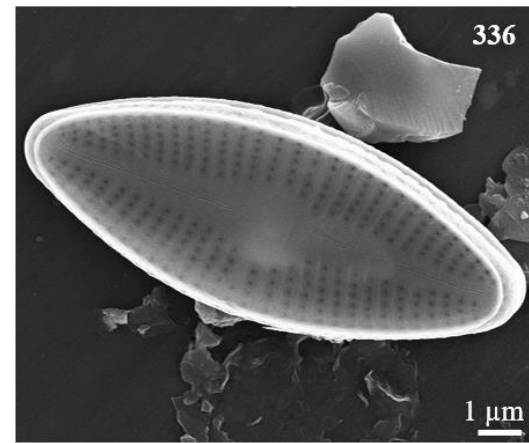
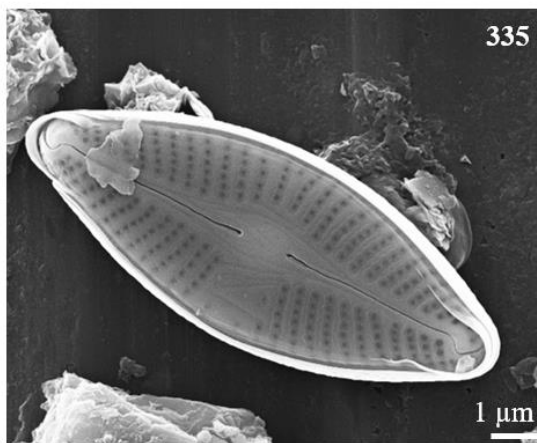
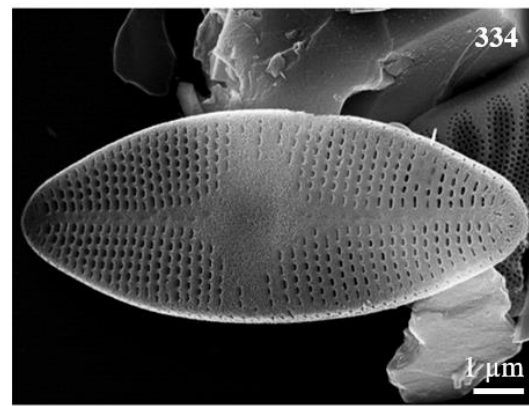
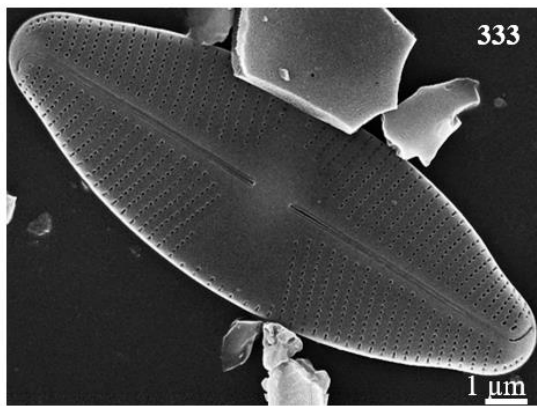


Fig. 341 *Sellaphora tridentula* (Krasske) Wetzel

Figs. 342-343 *Sellaphora* sp. 1

Fig. 344 *Sellaphora* sp. 2

Figs. 345-346 *Sellaphora* sp. 4

Fig. 347 *Amphora pediculus* (Kützinger) Grunow

Fig. 348 *Fragilariforma virescens* var. *subsalina* (Grunow) L.N.Bukhtiyarova

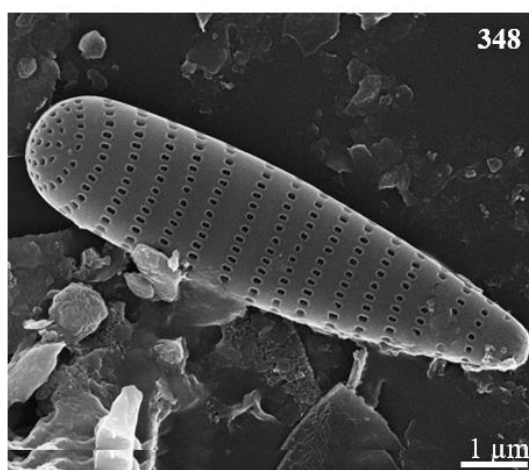
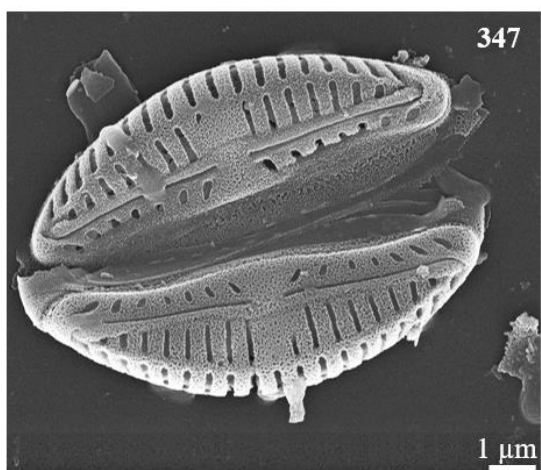
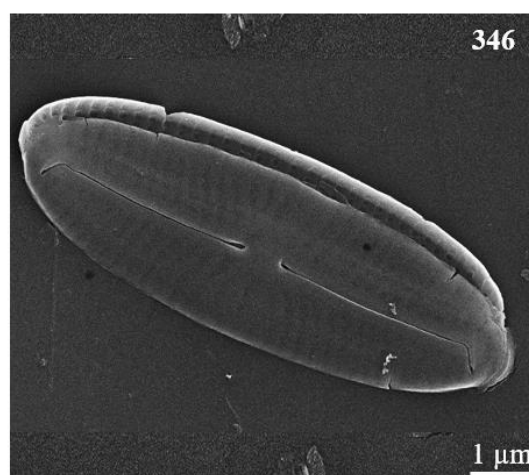
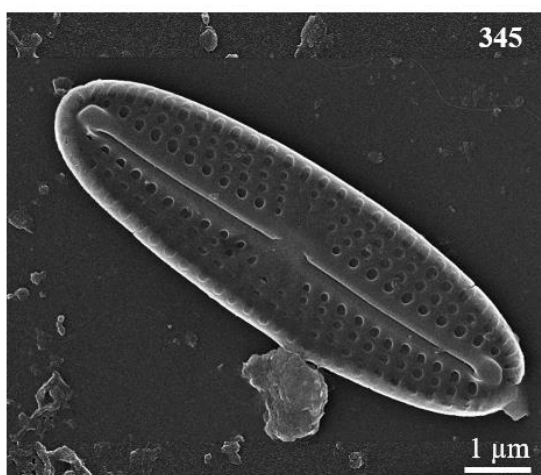
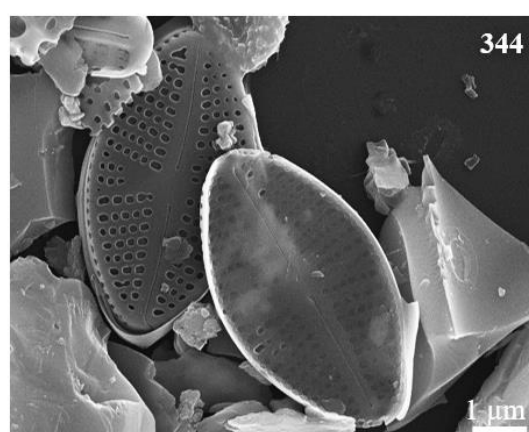
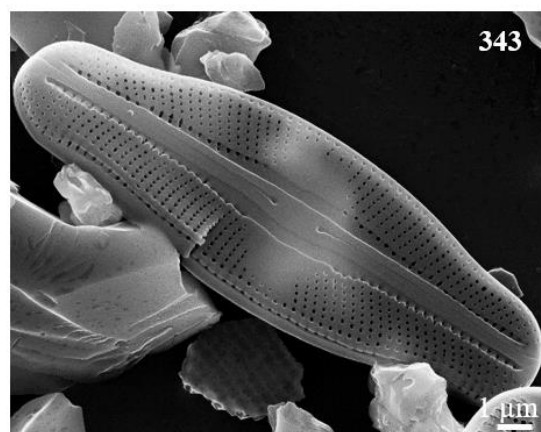
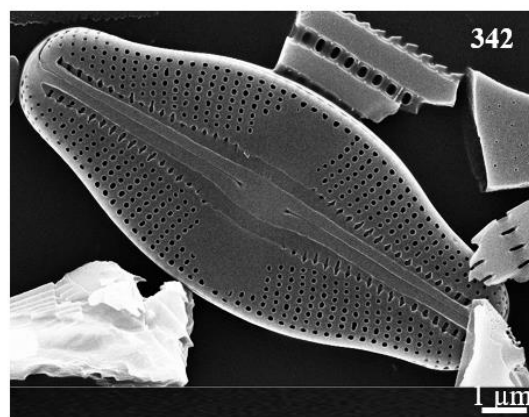
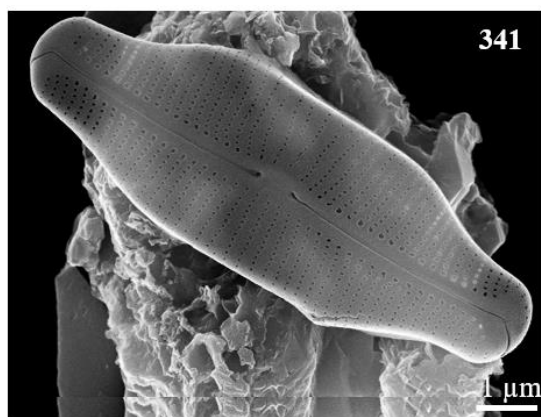


Fig. 349 *Fragilaria* aff. *amphicephaloides* Lange-Bertalot

Fig. 350 *Pseudostaurosira* *sopotensis* (Witkowski & Lange-Bertalot) Morales,
Wetzel & Ector

Fig. 351 *Pseudostaurosira* sp. 1

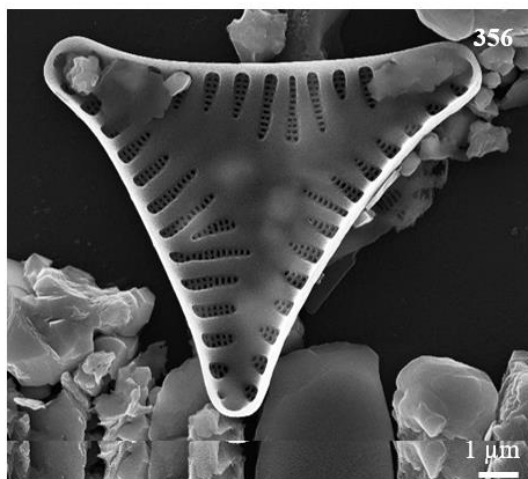
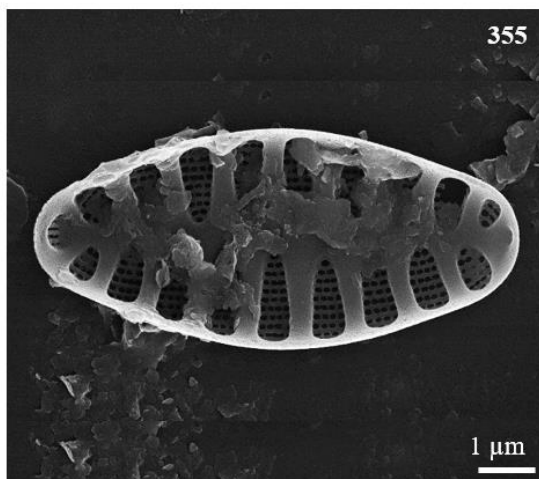
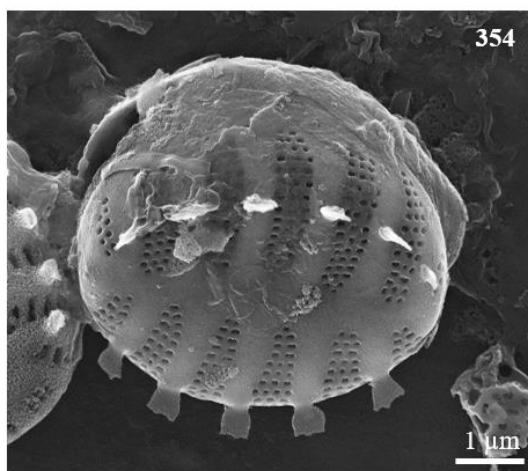
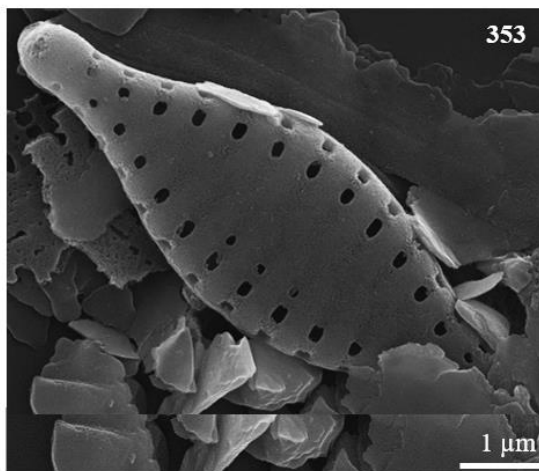
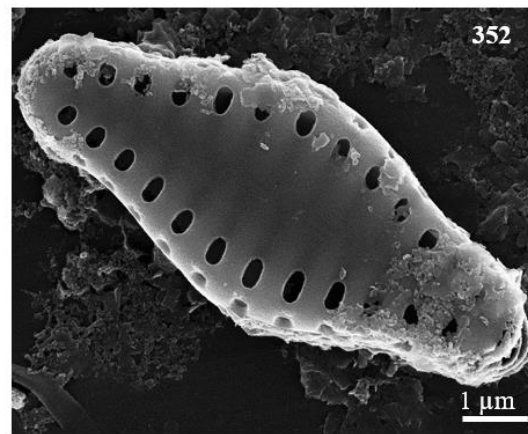
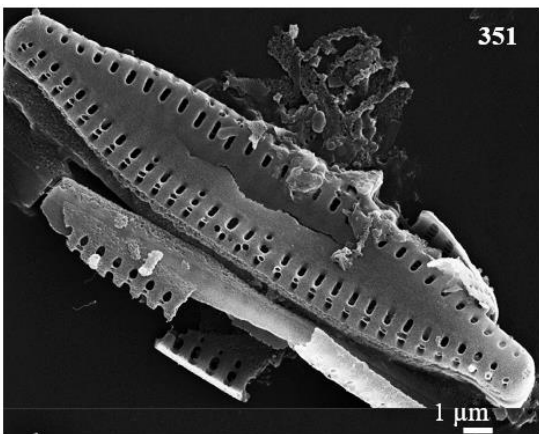
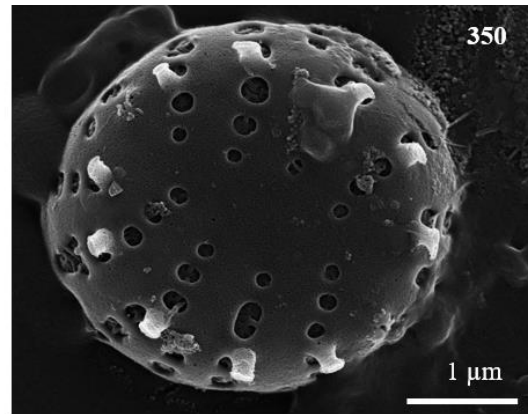
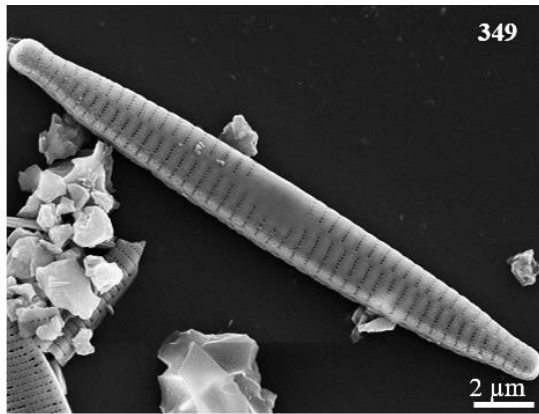
Fig. 352 *Pseudostaurosira* sp. 4

Fig. 353 *Pseudostaurosira* sp. 5

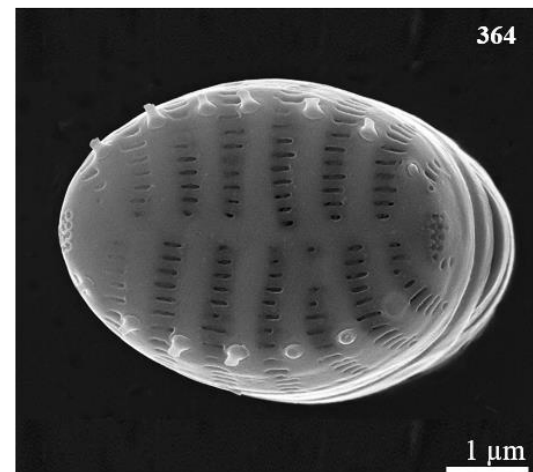
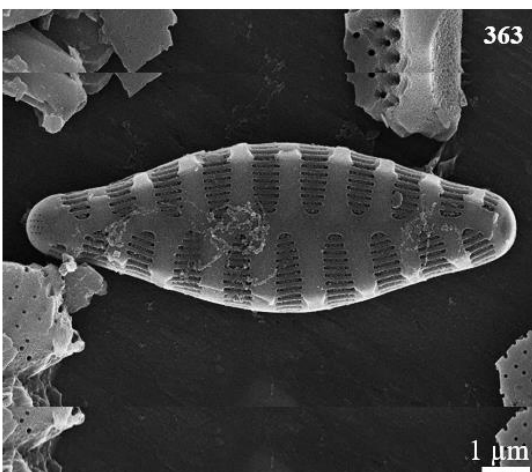
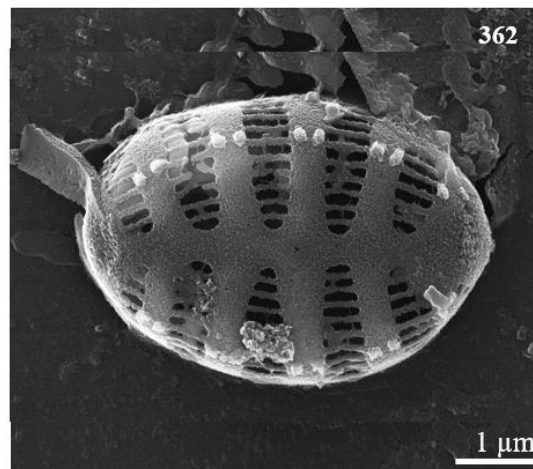
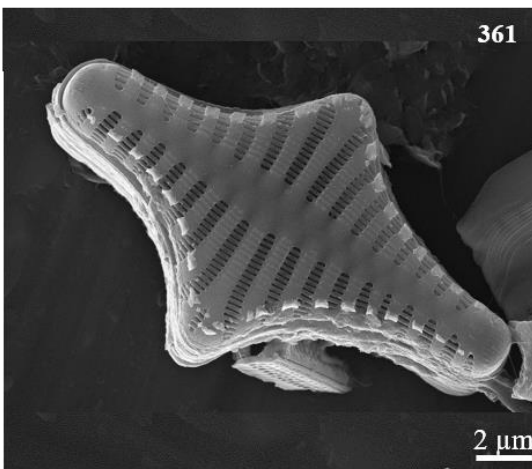
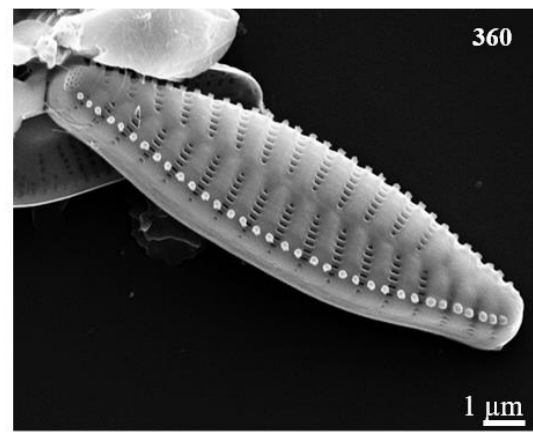
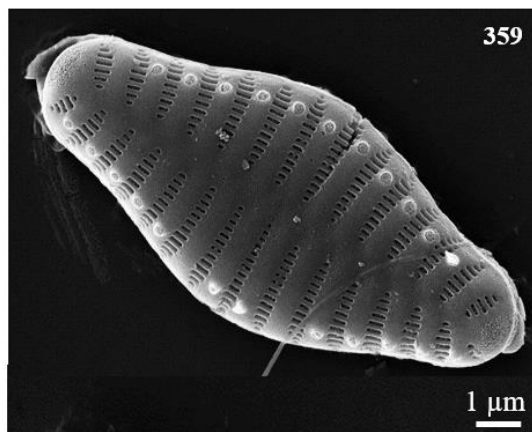
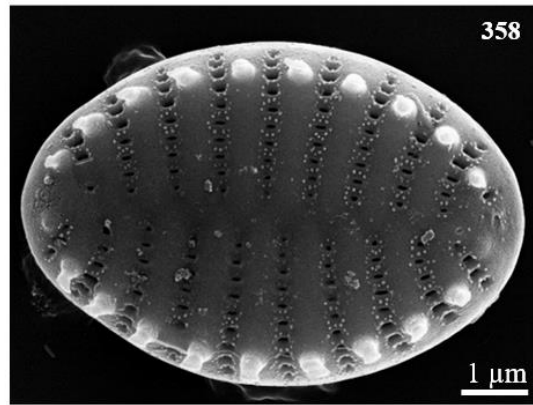
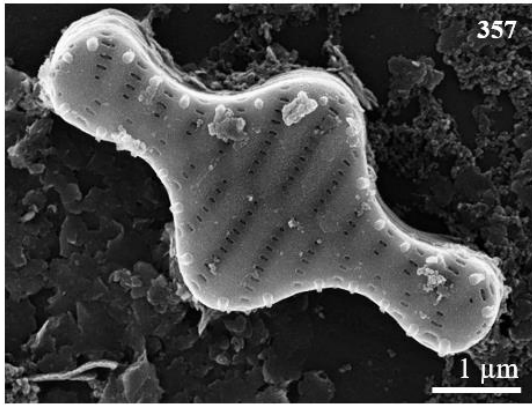
Fig. 354 *Punctastriata* *ovalis* Williams & Round

Fig. 355 *Punctastriata* aff. *linearis* Williams & Round

Fig. 356 *Punctastriata* sp. 1



- Fig. 357 *Staurosira magallanesica* García, Maidana, Ector & Morales
Fig. 358 *Staurosira* aff. *dimorpha* Morales, Edlund & Spaulding
Fig. 359 *Staurosira* aff. *incerta* Morales
Fig. 360 *Staurosira* aff. *longwanensis* Rioual, Morales & Ector
Fig. 361 *Staurosirella leptostauron* (Ehrenberg) Williams & Round
Fig. 362 *Staurosirella* sp. 6
Fig. 363 *Staurosirella* sp. 8
Fig. 364 *Staurosirella* sp. 12



12. Bibliografía

1. ANONYMOUS. 1975. Proposals for the standardization of diatom terminology and diagnoses. – *Nova Hedwigia*, Beih. 53: 323–354.
2. ARIZTEGUI, D., F.S. ANSELMETTI, A. GILLI & WALDMANN, N. 2008. Late Pleistocene environmental change in eastern Patagonia and Tierra del Fuego: A limnogeological approach. En J. RABASSA (Ed.): *The Late Cenozoic of Patagonia and Tierra del Fuego*. Elsevier, *Developments in Quaternary Sciences Series* 11:241-253.
3. BARBER, H. G. & HAWORTH, E. Y. 1981. A guide to the morphology of the diatom frustule with a key to the British freshwater genera. *Freshwater Biological Association Scientific Publication* 44, 1–112.
4. BARKER, P., TELFORD, R., MERDADI, O., WILLIAMSON, D., TAIEB, M., VINCENS, A., GIBERT, E. 2000. The sensitivity of a Tanzanian crater lake to catastrophic tephra input and four millennia of climate change. *Holocene* 10, 303–310.
5. BARKER, P.A., WILLIAMSON, D., GASSE, F., GIBERT, E. 2003. Climatic and volcanic forcing revealed in a 50,000-year diatom record from Lake Massoko, Tanzania. *Quat. Res.* 60, 368–376.
6. BATES, C.D, COXON, P. & GIBBARD, P.L. 1978. A new method for the preparation of clay-rich sediment samples for palynological investigation. *New Phytol.* 81: 459-463.
7. BATTARBEE, R.W. 1986. Diatom Análisis. En: BERGLUND, B.E. (ed.), *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. J Wiley & Sons Ltd. New York, 527-570.
8. BATTARBEE, R.W., JONES, V.J., FLOWER, R.J., CAMERON, N.G., BENNION, H., CARVALHO, L. & JUGGINS, S. 2001. Diatoms. En: LAST, W.M & SMOL, J.P. (eds.), *Tracking environmental change using lake sediments, Volume 3: Terrestrial, algal and siliceous indicators*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 155–202.
9. BENNETT, K.D. 1996. Determination of the number of zones in a biostratigraphical sequence. *New Phytol.* 132, 155–170.
10. BIRKS, H.H. & BIRKS, H.J.B. 2006. Multi-proxy studies in palaeolimnology. *Veg. Hist. Archaeobot.* 15(4): 235-251.
11. BIRKS, H.J.B. 2005. Quantitative palaeoenvironmental reconstructions from Holocene biological data. En: MACKAY, A., BATTARBEE, R.W., BIRKS, H.J.B., OLDFIELD, F. (eds.), *Global Change in the Holocene*. Hokker Arnold, London, 107-123.
12. BIRKS, H.J.B. & GORDON, A.D. 1985. *Numerical methods in Quaternary pollen analysis*. Academic Press, London.
13. BIRKS, H.J.B & LOTTER, A.F. 1994. The impact of the Laacher See volcano (11000 yr BP) on terrestrial vegetation and diatoms. *J Paleolimnol.* 11: 313-322.
14. BLAAUW, M. 2010. Methods and code for 'classical' age-modelling of radiocarbon sequences. *Quat. Geochronol.* 5(5), 512-518.
15. BLANCO E. 2003. El Chaltén, un desafío al pie de la cordillera de Los Andes. *Tiempos Patagónicos* 9.
16. BLANCO, S., CEJUDO-FIGUEIRAS, C., ÁLVAREZ-BLANCO, I., BÉCARES, E. HOFFMANN, L. & ECTOR, L. 2010. *Atlas de las Diatomeas de la Cuenca del Duero*. Área de Publicaciones. Universidadde León. León. 386 pp.
17. BOUCHARD, G., GAJEWSKI, K. & P.B. HAMILTON. 2004. Freshwater diatoms biogeography in the Canadian Arctic Archipelago. *J Biogeogr.* 31: 1955-1973.

18. BOURRELLY P. & MANGUIN E. 1954. Contribution a la flore algale d'eau douce des Îles Kerguelen. Mémoires de l'Institut Scientifique de Madagascar, Série B5: 7–58.
19. BRADLEY, R. S., HUGHES, M. K., & DÍAZ, H. F. 2003. Climate in medieval time. *Science*, 302(5644): 404-405.
20. BRENNER, M, WHITMORE, T.J. LASI, M.A, CABLE, J.E & CABLE, P.H. 1999. A multi-proxy trophic state reconstruction for shallow Orange Lake, Florida, USA: possible influence of macrophytes on limnetic nutrient concentration. *J. Paleolimnol.* 21: 215-233.
21. BRENNER, M., ROSENMEIER, F., HODELL, D. A., CURTIS, J. H., ANSELMETTI, F. & ARIZTEGUI, D. 2002. Limnología y paleolimnología de Peten, Guatemala. Universidad del Valle de Guatemala. 12.
22. BRINER, J.P., MICHELUTTI, N., FRANCIS, D.R., MILLER, G.H., AXFORD, Y., WOOLLER, M.J., WOLFE, A.P. 2006. A multi-proxy lacustrine record of Holocene climate change on northeastern Baffin Island, Arctic Canada. *Quat. Res.* 65: 431-442.
23. BUKHTIYAROVA, L. N. 2006. Additional data on the diatom genus *Karayevia* and a proposal to reject the genus *Kolbesia*. *Nova Hedwigia Beiheft*, 130, 85.
24. BUKHTIYAROVA, L. N. & ROUND, F.E. 1996. Revision of the genus *Achnanthes sensu lato* section *Marginulatae* Bukh. sect. nov. of *Achnanthidium* Kütz. *Diat.Res.*11(1): 1-30.
25. COHEN A.S. 2003. *Paleolimnology: The History and Evolution of Lake Systems*. Oxford: Oxford University Press.
26. COLEMAN, D. C. & FRY. B. 1991. *Carbon isotope techniques*. Academic Press, NY.
27. COMPAGNUCCI, R.H. 2011. Atmospheric circulation over Patagonia since the Jurassic to Present: A review through Proxy data and climatic modelling scenarios. *Biol. J Linn. Soc.* 103: 229-249.
28. CONTRERAS, S., WERNE, J.P., ARANEDA, A., URRUTIA, R. & CONEJERO, C.A. 2018. Organic matter geochemical signatures (TOC, TN, C/N ratio, $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$) of surface sediment from lakes distributed along a climatological gradient on the western side of the southern Andes. *Sci Total Environ* 630:878-888.
29. CORONATO, A. M., CORONATO, F., MAZZONI, E., & VÁZQUEZ, M. 2008. The physical geography of Patagonia and Tierra del Fuego. En: Rabassa, J. (Ed), *Late Cenozoic of Patagonia and Tierra del Fuego*. *Developments in Quaternary Sciences* 11: 13-55.
30. CORONATO, A. MAZZONI, E., VÁZQUEZ, M. & CORONATO, F. 2017. Patagonia: una síntesis de su geografía física. 1ª ed. Univ. Nac. de Patagonia Austral. Río Gallegos.
31. COX, E.J. 2009. Morphogenetic information and the selection of taxonomic characters for raphid diatom systematics. *Plant Ecol. Evol.* 143 (3): 271–277.
32. COX, E.J. 2012. Ontogeny, homology, and terminology wall morphogenesis as an aid to character recognition and character state definition for pennate diatom systematics. *J Phycol.* 48(1): 1-31.
33. COX, E.J. 2015. Coscinodiscophyceae, Mediophyceae, Fragilariophyceae, Bacillariophyceae (Diatoms). En: Mann, D. *Syllabus of Plant Families*. 13th edition. Part 2/1: Photoautotrophic Eukaryotic Algae. Glaucocystophyta, Cryptophyta, Dinophyta/Dinzoa, Haptophyta, Heterokontophyta/Ochrophyta, Chlorarachniophyta/Cercozoa, Euglenophyta/Euglenozoa, Chlorophyta, Streptophyta p.p. W. FREY (ed.). Stuttgart: Borntraeger Science Publishers. 2015. 324 pp. *Edinburgh J Bot* 74(3), 366-370.
34. CROUDACE, I. W., RINDBY, A., & ROTHWELL, R. G. 2006. ITRAX: description and evaluation of a new multi-function X-ray core scanner, *Geol. Soc. Sp.*, 267, 51–63.

35. CUBASCH, U., WUEBBLES, D., CHEN, D., FACCHINI, M.C., FRAME, D., MAHOWALD, N. & WINTHER, J.-G. 2013. Introduction. En: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F. et al, (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y New York, NY, USA.
36. DÍAZ, M., PEDROZO, F. & BACCALA, N. 2000. Summer classification of Southern Hemisphere temperate lakes (Patagonia, Argentina). *Lakes & Reservoirs: Res Manag.* 5: 213-229.
37. DODD, J.R., STANTON, E.J. JR., 1990. *Palaeoecology, Concepts and Applications*, Segunda Edición, Wiley-Interscience Publication. 553 pp.
38. DOUGLAS, M. & SMOL, J.P. 1993. Freshwater diatoms from high arctic ponds (Cape Herschel. Ellesmere Island, N.W.T). *Nova Hedwigia* 57: 511-522.
39. EAKINS, J.D. 1983. The ^{210}Pb technique for dating sediments: some applications. UK Atomic Energy Agency. AERE (R10821), Harwell, Oxfordshire, England, 22 pp.
40. ECHAZÚ, D.M. 2012. Biodiversidad de diatomeas en humedales del sur de la Provincia de Santa Cruz, Argentina. Doctoral Thesis, 344 pp. – UBA, Buenos Aires.
41. EGAN, J. ALLOTT, T.E.H. & BLACKFORD, J.J. 2018. Diatom-inferred aquatic impacts of the mid-Holocene eruption of Mount Mazama, Oregon, USA. *Quat Res*: 1-16.
42. ELSER, J.J., FAGAN, W.F., DENNO, R.F., DOBBERFUHL, D.R., FOLARIN, A., HUBERTY, A. et al. 2000. Nutritional constraints in terrestrial and freshwater food webs. *Nature* 408:578–580.
43. ESPINOSA, M.A. 2008. Diatoms from Patagonia and Tierra del Fuego. *Developments in Quat. Sci.* 11: 383-392.
44. ESPINOSA, M.A. 2016 Response of Diatoms to Late Quaternary Climate Changes. En: GASPARINI G., RABASSA J., DESCHAMPS C., TONNI E. (eds) *Marine Isotope Stage 3 in Southern South America, 60 KA B.P.-30 KA B.P.*. Springer Earth System Sciences. Springer, Cham.
45. FERNÁNDEZ, M., BJÖRCK, S., WOHLFAHRT, B., MAIDANA, N.I., UNKEL, I., VAN Der PUTTEN, N. 2013. Diatom assemblage changes in lacustrine sediments from Isla de los Estados, southernmost South America, in response to shifts in the southwesterly wind belt during last deglaciation. *J Paleolimnol* 50:433-446.
46. FEY, M., KORR, M., MAIDANA, N.I., CARREVEDO, M.L., CORBELL, H. DIETRICH, S., HABERZETTL, T., KUHN, G., LÜCKE, A., MAYR, C., OHLENDORF, C., PAEZ, M.M., QUINTANA, F.A., SCHÄBITZ, F. & ZOLITSCHKA, B. 2009. Palaeoenvironmental changes during the last 1600 years inferred from the sediment record of a cirque lake in southern Patagonia (Laguna Las Vizcachas, Argentina). *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* 281: 363–375.
47. FINLAY B.J. 2002. Global dispersal of free-living microbial eukaryote species. *Science* 296:1061–1063.
48. FLOWER, R.J. 2005. A taxonomic and ecological study of diatoms from freshwater habitats in the Falkland Islands, South Atlantic. *Diat. Res.* 20(1): 23-96.
49. FLOWER, R.J., JONES, V.J. & ROUND, F.E. 1996. The distribution and classification of the problematic *Fragilaria (virescens v.) exigua* Grunow/ *Fragilaria exiguiformis* (Grunow) Lange-Bertalot: a new species or a new genus. *Diat. Res.* 11(1): 41-57.

50. FRENGUELLI, J. 1924. Resultados de la Primera Expedición a Tierra del Fuego (1921) Diatomeas de Tierra de Fuego. Anales Soc. Cient. Argent. 98: 5-63.
51. FRENGUELLI, J. 1942. Diatomeas del Neuquén (Patagonia). Revista Mus. La Plata, Secc. Bot. 5: 73-219.
52. FRENGUELLI, J. & H. A. ORLANDO. 1956. Diatomeas y Silicoflagelados del Sector Antártico Sudamericano. Publ. Inst. Ant. Arg. 5: 1-191.
53. GARCÍA, M.L., MAIDANA, N.I., ECTOR, L. & MORALES, E.A. 2017. *Staurosira patagonica* sp. nov., a new diatom (Bacillariophyta) from southern Argentina, with a discussion on the genus *Staurosira* Ehrenberg. Nova Hedwigia Beiheft 146: 103-123.
54. GARCÍA, M.L., MAIDANA, N.I., ECTOR, L. & MORALES, E.A. 2018. *Staurosira magallanica*, a replacement name for *Staurosira patagonica* M.L.García, Maidana, Ector & E.Morales, nom. illeg. (non *Staurosira patagonica* Cleve) (Bacillariophyta, Staurosiraceae). Notulae algarum No. 51.
55. GARCÍA, M.L., ECHAZÚ, D.M. ROMERO O. E. & MAIDANA, N. I. 2018. *Cocconeis neuquina* Frenguelli (Bacillariophyta): emended description, lectotypification, ecology and geographical distribution. Diat. Res. 33(2): 219-228.
56. GARREAUD, R., LOPEZ, P., MINVIELLE, M. & ROJAS, M. 2013. Large-Scale Control on the Patagonian Climate. J Climate 26: 215-230.
57. GILLI, A., ANSELMETTI, F., ARISTEGUI, D. BRADBURY, J. P., KELTZ, K, MARKGRAF, V. & J. MCKENZIE. 2001. Tracking abrupt climate change in Southern Hemisphere: a seismic, stratigraphic study of Lago Cardiel (49°S), Patagonia, Argentina. Terranova, 13:443-448.
58. GRIMM, E.C. 1987. CONISS: a FORTRAN 77 program for stratigraphically constrained cluster analysis by the method of incremental sum of squares. Comput. Geosci. 13, 13–35.
59. GRIMM, E.C. 1990. TILIA and TILIA GRAPH: PC spreadsheet and graphics software for pollen data. INQUA Commission for the Study of the Holocene: Working group on data-handling methods. Newsletter 4:5–7.
60. GUERRERO, J.M. & ECHENIQUE, R.O. 2006. Discostella taxa (Bacillariophyta) from the Río Limay basin (northwestern Patagonia, Argentina). Diat. Res. 41(1): 83-96
61. GUERRERO, J.M., GARCÍA, M.L. & MORALES, E.A. 2018. *Staurosirella andino-patagonica* sp. nov. (Bacillariophyta) from shallow-lake sediments in Patagonia, Argentina. Phytotaxa (enviado).
62. HABERZETTL, T., FEY, M., LÜCKE, A., MAIDANA, N.I., MAYR, C., OHLENDORF, C., SCHÄBITZ, F., SCHLESER, G.H., WILLE, M. & ZOLITSCHKA, B. 2005. Climatically induced lake level changes during the last two millennia as reflected in sediments of Laguna Potrok Aike, southern Patagonia (Santa Cruz, Argentina). J. Paleolimnol. 33 (3): 283-302.
63. HASSAN, G.S. 2015. On the benefits of being redundant: low compositional fidelity of diatom death assemblages does not hamper the preservation of environmental gradients in shallow lakes. Paleobiology 41 (1): 154-173.
64. HASSAN, G.S. 2018. Within versus between-lake variability of sedimentary diatoms: the role of sampling effort in capturing assemblage composition in environmentally heterogeneous shallow lakes. J. Paleolimnol. 60: 525.
65. HASSAN, G.S., ESPINOSA, M.A. & ISLA, F.I. 2009. Diatom-based inference model for paleosalinity reconstructions in estuaries along the northeastern coast of Argentina. Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol. 275: 77–91.

66. HEIN, M. K. 1991. *Anorthoneis dulcis* sp. nov., a new freshwater diatom from Northern Florida, USA. *Diatom research*, 6(2), 267-280.
67. HENDY, C.H. & HALL, B.L. 2006. The radiocarbon reservoir effect in proglacial lakes: examples from Antarctica. *Earth Planet Sci Lett* 241, 413–421.
68. HILL, M.O., 1973. Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology*, 54: 427-432.
69. HOFMANN, G., LANGE-BERTALOT, H., & WERUM, M. 2013. *Diatomeen im Süßwasser-Benthos von Mitteleuropa: 2 Corrected Edition Koeltz Scientific Books, Königstein*, 908 pp.
70. HOGG, A., HUA, Q., BLACKWELL, P., NIU, M., BUCK, C., GUILDERSON, T., HEATON, T., PALMER, J. G., REIMER, P. J., REIMER, R.W., TURNEY, C. S. M. & ZIMMERMAN, S. 2013. SHCal13 Southern Hemisphere Calibration, 0–50,000 Years cal BP. *Radiocarbon* 55(4): 1889-1903.
71. HOUK, V. & KLEE, R. 2004. The stelligeroid taxa of the genus *Cyclotella* (Kützing) Brébisson (Bacillariophyceae) and their transfer into the new genus *Discostella* gen. nov. *Diat. Res.* 19(2): 203-228.
72. HOUK, V. & KLEE, R. 2007. Atlas of freshwater centric diatoms with a brief key and descriptions. Part II. Melosiraceae and Aulacoseiraceae (Supplement of Part I). *Fottea* 7(2): 85-108.
73. HUBER, U. M., MARKGRAF, V. y SCHÄBITZ, F. 2004. Geographical and temporal trends in Late Quaternary fire histories of Fuego-Patagonia, South America. *Quat. Sci. Rev.* 23: 1079–1097.
74. HUSTEDT, F., 1930. *Die Süsswasserflora Mitteleuropas, volumen 10*. Verlag von Gustav Fischer, Germany.
75. HUSTEDT, F. 1927–1966. *Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz*. In: Rabenhorst L (ed) *Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz*, Bd. 7(2). Akad Verlagsges, Leipzig.
76. HÅKANSSON, H. 2002. A compilation and evaluation of species in the general *Stephanodiscus*, *Cyclostephanos* and *Cyclotella* with a new genus in the family Stephanodiscaceae. *Diat. Res.* 17: 1-139.
77. HÅKANSSON, H. & KLING, H. 1994. *Cylotella agassizensis* nov. sp. and its relationship to *C. quillensis* Bailey and other prairie *Cyclotella* species. *Diat. Res.* 9(2): 289-301.
78. INGOLFSSON, O., HJORT, C., BERKMAN, P.A., BJORCK, S., COLHOUNS, E., GOODWIN, I.D., HALL, B., HIRAKAWA, K., MELLES, M., MOLLER, P. & PRENTICE, M.L. 1998. Antarctic glacial history since the Last Glacial Maximum: an overview of the record on land. *Antarctic Sci.* 10 (3): 326–344.
79. IRUZUN, M.A., CHAPARRO, M.A.E., SINITO, A.M., GOGORZA, C.S.G., NUÑEZ, H. NOWACZYK, N.R. & BÖHNEL, H.N. 2017. Relative palaeointensity and reservoir effect on Lake Esmeralda, Antarctica. *Antarctic Sci.* 29 (4): 356-368.
80. IZAGUIRRE, I & J. F. SAAD. 2014. Phytoplankton from natural water bodies of the Patagonian Plateau. *Advanc. Limnol.* 65: 309-319.
81. IZAGUIRRE, I., Del GIORGIO, P., O'FARRELL, I. & TELL, G. 1990. Clasificación de 20 cuerpos de agua andino-patagónicos (Argentina) en base a la estructura del fitoplancton estival. *Cryptogamie, Algol.* 11 (1): 31-46.

82. IZAGUIRRE, I., LANCELOTTI, J., SAAD, J.F., PORCEL, S., O'FARREL, I., MARINONE, M.C., ROESLER, I. & DIEGUEZ, M.C. 2018. Influence of fish introduction and water level decrease on lakes of the arid Patagonian plateaus with importance for biodiversity conservation. *Global Ecology & Conservation* Vol.14. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2018.e00391>.
83. JAHN, R., KUSBER, W.H. & ROMERO, O.E. 2009. *Cocconeis pediculus* Ehrenberg and *C. placentula* Ehrenberg var. *placentula* (Bacillariophyta): Typification and taxonomy. *Fottea* 9(2): 275–288.
84. JAHN, R., KUSBER, W. H., & COCQUYT, C. 2017. Differentiating *Iconella* from *Surirella* (Bacillariophyceae): typifying four Ehrenberg names and a preliminary checklist of the African taxa. *PhytoKeys* (82) 73.
85. JUGGINS, S. 2003. C2 v1.3 User Guide. Software for ecological and palaeoecological data analysis and visualisation. University of Newcastle, Newcastle, UK, 69 pp.
86. JUGGINS, S. & BIRKS, H.J.B. 2012. Quantitive environmental reconstructions from Biological Data. En Birks, H.J.B et al. (eds.), *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments, Developments in Paleoenvironmental Research 5*, Springer Science CBusiness Media B.V.
87. JUGGINS, S. 2013. Quantitative reconstructions in paleolimnology: new paradigm or scik sicenc? *Quat. Sci. Rev.* 64: 20-32.
88. JUGGINS, S. 2017. rioja: Analysis of Quaternary Science Data, R package version (0.9-15.1). (<http://cran.r-project.org/package=rioja>).
89. JÜTTNER, I., ECTOR, L., REICHARDT, E., VAN De VIJVER, B., JARLMAN, A., KROKOWSKI, J. & Cox E.J 2013. *Gomphonema varioireduncum* sp. nov., a new species from northern and western Europe and a re-examination of *Gomphonema exilissimum*. *Diat. Res.* 28(3):303-316.
90. KERMARREC, L., BOUCHEZ, A., RIMET, F. & HUMBERT, J.F. 2013. First evidence of the existence of semi-cryptic species and of a phylogeographic structure in the *Gomphonema parvulum* (Kütz) Kütz complex (Bacillariophyta). *Protist* 164(5): 686-705.
91. KHURSEVICH, G. & KOCIOLEK, J.P. 2012. A preliminary, worldwide inventory of the extinct, freshwater fossil diatoms from the orders Thalassiosirales, Stephanodiscales, Paraliales, Aulacoseirales, Melosirales, Coscinodiscales, and Biddulphiales. *Nova Hedwigia Beiheft* 141: 315-364.
92. KLIEM, P., BUYLAERT, J.P., HAHN A., MAYR, C. MURRA, A.S., OHLENDORF, C. & VERES, D. 2013. Magnitude, geomorphologic response and climate links of lake level oscillations at Laguna Potrok Aike, Patagonian steppe (Argentina). *Quat. Sci. Rev.* 71: 131-146. S.
93. KOCIOLEK, J.P., SPAULDING, S.A. 2000. Freshwater diatom biogeography. *Nova Hedwigia* 71:223–241.
94. KOCIOLEK, J.P., & WILLIAMS, D.M. 2015. How to define a diatom genus? Notes on the creation and recognition of taxa, and a call for revisionary studies of diatoms. *Acta Bot. Croatia* 74(2): 195– 210.
95. KOPALOVÁ, K. & VAN DE VIJVER, B. 2013. Structure and ecology of freshwater benthic diatom communities from Byers Peninsula, Livingston Island, South Shetland Islands.
96. KRAMMER, K. 1997a. Die Cymbelloiden Diatomeen. Eine Monographie der weltweit bekannten Taxa Teil 1. Algem eineis und Encyonema Part. *Bibl. Diatomol.* 36. J. Cramer, Stuttgart. 382 pp.

97. KRAMMER, K. 1997b. Die Cymbelloiden Diatomeen. Eine Monographie der weltweit bekannten Taxa Teil 2. Encyonema part., Encyonopsis and Cymbellopsis. Bibl. Diatomol. 37. J. Cramer, Stuttgart. 470 pp.
98. KRAMMER, K. 2000. The genus Pinnularia. En: Lange-Bertalot, H. (ed.), Diatoms of Europe 1. A.R.G. Gantner Verlag, Ruggell. 703 pp.
99. KRAMMER, K. 2002. Cymbella. En: Lange-Bertalot, H. (ed), Diatoms of Europe 3. Koeltz Scientific Books, Gantner Verlag, Königstein. 584 pp.
100. KRAMMER, K. 2003. Cymbopleura, Delicata, Navicymbula, Gomphocymbellopsis, Afrocymbella. En: Lange-Bertalot, H. (ed), Diatoms of Europe 4. Koeltz Scientific Books, Gantner Verlag, Königstein. 530 pp.
101. KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. 1986. Bacillariophyceae 1. Teil: Naviculaceae. En: ETTL, H., J. GERLOFF, H. HEYNIG & D. MOLLENHAUER (eds.), Süßwasserflora von Mitteleuropa, 2 (1). G. Fischer, Jena. 876 pp.
102. KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. 1988. Bacillariophyceae 2. Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. En: ETTL, H., J. GERLOFF, H. HEYING & D. MOLLENHAUER (eds). Süßwasserflora von Mitteleuropa 2 (2). Fischer, Jena. 596 pp.
103. KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. 1991a. Bacillariophyceae 3. Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. En: ETTL, H., J. GERLOFF, H. HEYING & D. MOLLENHAUER (eds). Süßwasserflora von Mitteleuropa. 2 (3). Fischer, Jena. 576 pp.
104. KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. 1991b. Bacillariophyceae. 4. Achnanthaceae, kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolate) und Gomphonema Gesamtliteraturverzeichnis. En: ETTL, H., J. GERLOFF, H. HEYING & D. MOLLENHAUER (eds). Süßwasserflora von Mitteleuropa.4. Fischer, Jena. 437 pp.
105. KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. 2004. Bacillariophyceae 4. Teil: Achnanthaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae), Gomphonema Gesamtliteraturverzeichnis Teil 1-4 [second revised edition]. En: ETTL, H., J. GERLOFF, H. HEYING & D. MOLLENHAUER (eds), Süßwasserflora von Mitteleuropa. Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg. 468 pp.
106. KRASSKE, J. 1949. Subfossile diatomeen aus den mooren Patagoniens und Feuerlands. Ann. Acad. Sci. Fenn. IV. Biologica 14: 1-92.
107. KUCZYNSKA, P, JEMIOLA-RZEMINSKA, M & STRZALKA, K. 2015. Photosynthetic Pigments in Diatoms. Mar Drugs 13(9): 5847–5881.
108. KULIKOVSKIY, M.S., KOCIOLEK, J.P., SOLAK, C.N. & KUZNETSOVA, I. 2015. The diatom genus *Gomphonema* Ehrenberg in Lake Baikal. II. Revision of taxa from *Gomphonema acuminatum* and *Gomphonema truncatum-capitatum* complexes. Phytotaxa 233(3): 251-272.
109. LANGE-BERTALOT, H. 2001. *Navicula* sensu stricto. 10 Genera separated from *Navicula* sensu lato. Frustulia. Diatoms of Europe: diatoms of the European inland waters and comparable habitats. Vol. 2 pp. 1-526, 140 pls. Ruggell: A.R.G.Gantner Verlag. K.G.
110. LANGE-BERTALOT, H. & KRAMMER, K. 1989. *Achnanthes*, eine Monographie der Gattung mit Definition der Gattung *Cocconeis* und Nachtragen zu den *Naviculaceae*. *Bibliotheca Diatomologica* 18: 1-393.
111. LANGE-BERTALOT, H., & JAHN, R. 2000. On the identity of *Navicula* (Frustulia) *rhomboides* and *Frustulia saxonica* (Bacillariophyceae). Syst. Geogr. Plants 255-261.

112. LANGE-BERTALOT, H., KÜLBS, K., LAUSER, T., NÖRPEL-SCHEMPP, M. & WILLMANN, M. 1996. DiatomTaxa introduced by Georg Krasske. Documentation and revision. En: Lange-Bertalot, H. (ed.), Iconogr. Diatomol. 3. 358 pp.
113. LAST, W.M. & SMOL J.P. 2001. Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Volume 1: Basin Analysis, Coring, and Chronological Techniques, 548 pp. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
114. LE COHU R. 2004. Révision des principales espèces dulçaquicoles d'Achnanthes (Bacillariophyta) des îles subantarctiques de Kerguelen. Algol. Stud. 116: 79–114.
115. LEGENDRE, P. & LEGENDRE, L.F. 1998. Numerical ecology. Elsevier, Amsterdam.
116. LEGENDRE, P. & GALLAGHER, E.D. 2001. Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. Oecologia 129: 271.
117. LEVKOV, Z. 2009. *Amphora* sensu lato. En: Diatoms of Europe: Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats. (Lange-Bertalot, H. Eds) Vol. 5, pp. 5-916. Ruggell: A.R.G. Gantner Verlag K.G.
118. LEVKOV, Z., METZELTIN, D. & PAVLOV, A. 2013. *Luticola* and *Luticolopsis*. En: Diatoms of Europe. Diatoms of the European inland waters and comparable habitats. Vol 7. (LANGE-BERTALOT, H. Eds), pp. 1-698. Königstein: Koeltz Scientific Books.
119. LIU, Y., KOCIOLEK, J.P., FAN, Y. & WANG, Q. 2012. *Pseudofallacia* gen. nov., a new freshwater diatom (Bacillariophyceae) genus based on *Navicula occulta* Krasske. Phycologia 51(6): 620-626.
120. LOTTER, A.F., PIENITZ, R., SCHMIDT, R. 1999. Diatoms as indicators of environmental change near arctic and alpine treeline. En: STOERMER, E. F. & SMOL, J. P. (eds.), The diatoms: Applications for the Environmental and Earth Sciences. Cambridge University Press, Cambridge, 205-226.
121. LUCHINI, L. 1973. Contribución al estudio de la flora periférica diatómica del lago Mascardi (Provincia de Río Negro). I. Physis 32: 223-242.
122. LUCHINI, L. 1974. Diatomeas epífitas de algunas macrófitas del lago Situación (Prov. Chubut). Physis 33: 127-139.
123. LUCHINI, L. 1975. Estudio ecológico preliminar de las diatomeas perifíticas y bentónicas como alimento de anfípodos lacustres (Lago Cardiel, Prov. Santa Cruz). Physis (B) 34 (89): 85- 97.
124. LUCHINI, L. 1976. *Navicula cardiella*, nova specie de Bacillariophyceae en Santa Cruz, Argentina. Acta Biol. Par. 5(1, 2): 91-94.
125. LUCHINI, L & C.A. VERONA. 1972. Catálogo de las diatomeas argentinas. I. Diatomeas de aguas continentales (incluido el Sector Antártico). Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires. Monografías 2, La Plata.
126. LÜCKE, A., BRAUER, A., 2004. Biogeochemical and micro-facial fingerprints of ecosystem response to rapid Late Glacial climatic changes in varved sediments of Meerfelder Maar (Germany). Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 211, 139-155.
127. MAIDANA, N. I. 1999. *Thalassiosira patagonica* sp. nov. (Thalassiosiraceae, Bacillariophyceae), a new lacustrine centric diatom from Santa Cruz, Argentina. Diat. Res. 14(2): 323-329.
128. MAIDANA, N. I. & C. AMENABAR. 2014. Algae in paleolimnological studies in Argentina. Advanc. Limnol. 65: 323-339.

129. MAIDANA, N.I. & CORBELL, H. 1997. Análisis preliminar de las asociaciones de diatomeas cuaternarias en un paleolago volcánico, Santa Cruz austral, Argentina. *Actas del VI Congresso Brasileiro de Abequa*. Curitiba, Brasil: 336-340.
130. MAIDANA, N.I. & ROUND, F.E. 1999. *Corbellia contorta* gen. & sp. nov. (Bacillariophyceae) a new diatom genus from Santa Cruz province (Argentina). *Diat. Res.* 14(2): 331-336.
131. MAIDANA, N.I., IZAGUIRRE, I., MATALONI, G., VINOCUR, A. & PIZARRO, H. 2005. Diatomeas en una transecta patagónico-antártica. *Ecol. Austr.* 1: 159-176.
132. MAIDANA, N.I., MORALES, E.A., BRADBURY, J.P., SCHÄBITZ, F. & HOUK, V. 2017a. A new order and family of diatoms: Arcanodisciales, Arcanodiscaceae (Bacillariophyta) to accommodate Arcanodiscus platti gen. nov. et sp. nov. from the Argentinian Patagonia. *Nova Hedwigia Beiheft* 146: 63-73.
133. MAIDANA, N.I., APONTE, G.A., FEY, M., SCHÄBITZ, F. & MORALES, E.A. 2017b. *Cyclostephanos salsae* and *Placoneis patagonica*, two new diatoms (Bacillariophyta) from Laguna Cháltel in southern Patagonia, Argentina. *Nova Hedwigia Beiheft* 146: 89-102.
134. MANCINI, M.V. 2002. Vegetation and climate during the Holocene in Southwest Patagonia, Argentina. *Rev. Paleobot. Palynol.* 122,101-115.
135. MANGUIN, E. 1964. Contribution à la connaissance des diatomées des Andes du Pérou. *Mémoires du Museum National d'Histoire Naturelle, nouvelle série, série B, Botanique*, 12(2): 98 pp.
136. MANN, D.G. 1999. The species concept in diatoms. *Phycologia* 38: 437-495.
137. MANN, D.G., THOMAS, S.J. & EVANS, K.M. 2008. Revision of the diatom genus *Sellaphora*: a first account of the larger species in the British Isles. *Fottea* 8 (1): 15-78.
138. MANN, D.G., CRAWFORD, R.M. & ROUND, F.E. 2016. Bacillariophyta. En: ARCHIBALD, J.M., SIMPSON, A.G.B., SLAMOVITS, C. (eds.), *Handbook of the Protists*. Springer, 1-62 pp.
139. MARKGRAF, V. 1993. Paleoenvironments and paleoclimates in Tierra del Fuego and southernmost Patagonia, South America. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 102: 53-68.
140. MARKGRAF, V., BRADBURY, J.P., SCHWALB, A., BURNS, S., STERN, C., ARISTEGUI, D., GILLI, A., ANSELMETTI, F., STINE, S. & MAIDANA, N.I. 2003. Holocene palaeoclimates of Southern Patagonia: limnological and environmental history of Lago Cardiel, Argentina. *The Holocene* 13 (4): 581-591.
141. MARKGRAF, V., BRADBURY, J. P., SCHWALB, A., BURNS, S., STERN, C., ARISTEGUI, D., GILLI, A., ANSELMETTI, F., STINE, S. & MAIDANA, N.I. 2005. Holocene palaeoclimates of Southern Patagonia: limnological and environmental history of Lago Cardiel, Argentina. *The Holocene* 13.4: 581-591.
142. MARTINIC, M. 1988. Actividad volcánica histórica en la región de Magallanes. *Revista Geológica de Chile* 15: 181-186.
143. MASSAFERRO, J. y LAROCQUE-TOBLER, I. 2013. Using a newly developed chironomid transfer function for reconstructing mean annual air temperature at Lake Potrok Aike, Patagonia, Argentina. *Ecol Indic* 24: 201-210.
144. MASSAFERRO, J., RECASENS, C., LAROCQUE, I., SCAGLIOTTI, J.J. & MAIDANA, N. 2013. Major lake level fluctuations and climate changes for the past 16,000 years as reflected

- by diatoms and chironomids preserved in the sediment of Laguna Potrok Aike, southern Patagonia. *Quat. Sci. Rev.* 71: 167-174.
145. MAYR, C., FEY, M., HABERZETTL, T., JANSSEN, S., LÜCKE, A., MAIDANA, N.I., OHLENDORF, C., SCHÄBITZ, F., SCHLESER, G.H., Struck, U., WILLE, M. & ZOLITSCHKA, B. 2005. Palaeoenvironmental changes in southern Patagonia during the last millennium recorded in lake sediments from Laguna Azul (Argentina). *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 228 (3–4): 203-227.
 146. MAYR, C., WILLE, M., HABERZETTL, T., FEY, M., JANSSEN, S., LÜCKE, A., OHLENDORF, C., OLIVA, G., SCHÄBITZ, F., SCHLESER, G.H., ZOLITSCHKA, B., 2007. Holocene variability of the Southern Hemisphere westerlies in Argentinean Patagonia (52°S). *Quaternary Science Reviews* 26, 579–584.
 147. MAYR, C., LÜCKE, A., MAIDANA, N.I., WILLE, M., HABERZETTL, T., CORBELLA, H., OHLENDORF, C., SCHÄBITZ, F., FEY, M., JANSSEN, S. & ZOLITSCHKA, B. 2009. Isotopic fingerprints on lacustrine organic matter from Laguna Potrok Aike (southern Patagonia, Argentina) reflect environmental changes during the last 16, 000 years. *J. Paleolimnol.* 42: 81-102.
 148. MAYR, C., SMITH, R.E., MASSAFERRO, J., DUBOIS, N., GARCÍA, M.L., LÜCKE, A. MAIDANA, N.I, MEIER, W. J-H., WISSEL, H. & ZOLITSCHKA, B. 2018. Historic eruptions of Lautaro volcano and their environmental impact as detected in lake sediments from southern Argentina. *J Paleolimnol.* (enviado).
 149. MEDLIN, L.K. 2009. Opinion. The use of the terms centric and pennate. *Diat. Res.* 24 (2): 499- 501.
 150. MEDLIN, L.K. & KACZMARZA, J. 2004. Evolution of the diatoms, V Morphological and cytological support for the major CLADES and a taxonomic revision. *Phycologia* 43. 245-255.
 151. MEDLIN, L.K. & SATO, S. 2009. Opinion. The biological reality of the core and basal group of araphid diatoms. *Diat. Res.* 24 (2) 503-508.
 152. MESSYASZ, B., MAIDANA, N.I., MAYR, C. & LÜCKE, A. 2007. Summer phytoplankton and the hydrochemistry of the crater lake Laguna Azul (Santa Cruz, Argentina). *Int. J. Oceanogr. Hydrobiol.* Vol XXXVI (1) 95-105.
 153. METZELTIN, D. & LANGE-BERTALOT, H. 1998. Tropical diatoms of South America I: About 700 predominantly rarely known or new taxa representative of the neotropical flora. En: LANGE- BERTALOT, H. (ed.), *Iconogr. Diatomol.* 5. 695 pp.
 154. METZELTIN, D. & LANGE-BERTALOT, H. 2007. Tropical diatoms of South America II. Special remarks on biogeography disjunction. In: H. Lange-Bertalot (ed.), *Iconographia Diatomologica. Annotated Diatom Micrographs.* Vol. 18. Diversity-Taxonomy-Biogeography. A.R.G. Gantner Verlag K.G. 18: 1-877.
 155. METZELTIN, D. & WITKOWSKI A. 1996. Diatomeen der Bären-Insel. Süßwasser- und marine Arten. – *Iconogr. Diatomol.* 4: 1–232.
 156. METZELTIN, D., LANGE-BERTALOT, H. & GARCÍA-RODRÍGUEZ, F. 2005. Diatoms of Uruguay. En: LANGE-BERTALOT, H. (ed.), *Iconogr. Diatomol.* 15. 737 pp.
 157. METZELTIN D., LANGE-BERTALOT, H. & SONINKHISHIG, N. 2009. Diatoms in Mongolia. *Iconogr. Diatomol.* 20: 3-686.

158. MEYERS, P., 2003. Applications of organic geochemistry to paleolimnological reconstructions: a summary of examples from the Laurentian Great Lakes. *Organic Geochemistry* 34 (2):261-289.
159. MEYERS, P.A. & LALLIER-VERGÈS, H. 1999. Lacustrine sedimentary organic matter records of late Quaternary paleoclimates. *J. Paleolim.* 21: 345-372.
160. MICHELUTTI, N., SMOL, J. P., & DOUGLAS, M. S. V. 2006. Ecological characteristics of modern diatom assemblages from Axel Heiberg Island (High Arctic Canada) and their application to paleolimnological inference models. *Canadian J Bot* 84(11), 1695–1713.
161. MICHELUTTI, N., COOKE, C.A., HOBBS, W.O., & SMOL, J.P. 2015. Climate-driven changes in lakes from the Peruvian Andes. *Journal of Paleolimnology* 54: 153–160.
162. MORALES, E.A. 2006. Small *Planothidium* Round et Bukhtiyarova (Bacillariophyceae) taxa related to *P. dau*i (Foged) Lange-Bertalot from the United States. *Diat. Res.* 21(2): 325-342.
163. MORALES, E.A., BAHLS, L.L. & CODY, W.R. 2005. Morphological studies of *Distirionella incognita* (Reichert) Williams (Bacillariophyceae) from North America with comments of the taxonomy of *Distirionella* Williams. *Diat. Res.* 20(1): 115-135.
164. MORALES, E.A., EDLUND, M.B. & SPAULDING, S.A. 2010. Description and ultrastructure of araphid diatom species (Bacillariophyceae) morphologically similar to *Pseudostaurosira elliptica* (Schumann) Edlund et al. *Phycol Res* 58: 97-107.
165. MORALES, E.A., J.M. GUERRERO, C.E. WETZEL, S. SALA & L. ECTOR. 2013. Unraveling the identity of *Fragilaria pinnata* Ehrenberg and *Staurosira pinnata* Ehrenberg: research in progress on a convoluted story. *Cryptog. Algol.* 34: 89–102.
166. MORALES, E.A., WETZEL, C.E., VAN DE VIJVER, B. & ECTOR, L. 2015. Morphological studies on type material of widely cited araphid diatoms (Bacillariophyta). *Phycologia* 54(5) 455-470.
167. MOSER, G., H. LANGE-BERTALOT & METZELTIN D. 1998. Insel der Endemiten. Geobotanisches Phänomen Neukaledonien. – *Bibl. Diatomol.* 38: 1–464.
168. MOY, C.M., DUMBAR, R.B., MORENO, P.I., FRANCOIS, J.P., VILLA-MARTINEZ, R., MUCCIARONE, D.M., GUILDERSON, T.P. & GARREAUD, R.D. 2008. Isotopic evidence for hydrologic change related to the westerlies in SW Patagonia, Chile, during the last millennium. *Quat. Sci. Rev.* 27 (13-14): 1335-1349.
169. MÜLLER, A. & MATHESIUS, U. 1999. The paleoenvironments of coastal lagoons in the southern Baltic Sea. I. The application of sedimentary Corg/N ratios as source indicators of organic matter. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 145: 1-16.
170. NOVAIS, M. H., JUETTNER, I., VAN de VIJVER, B., MORAIS, M. M., HOFFMANN, L., & ECTOR, L. 2015. Morphological variability within the *Achnantheidium minutissimum* species complex (Bacillariophyta): comparison between the type material of *Achnanthes minutissima* and related taxa, and new freshwater *Achnantheidium* species from Portugal. *Phytotaxa*, 224(2), 101-139
171. OEHLERICH, M., MAYR, C., GUSSONE, N., HAHN, A., HÖLZL, S., LÜCKE, A., OHLENDORF, C., RUMMEL, S., TEICHERT, B.M.A. & ZOLITSCHKA, B. 2015. Lateglacial and Holocene climatic changes in south-eastern Patagonia inferred from carbonate isotope records of Laguna Potrok Aike (Argentina). *Quat. Sci. Rev.* 114: 189-202.
172. OHLENDORF C., FEY, M., MASSAFERRO, J., HABERZETTL, T., LAPRIDA, C., LÜCKE, A., MAIDANA, N.I., MAYR, C., OEHLREICH, M., RAMÓN MERCAU, J., WILLE, M., CORBELLA,

- H., STONGE, G., SCHÄBITZ, F. & ZOLITSCHKA, B. 2014. Late Holocene hydrology inferred from lacustrine sediments of Laguna Cháltel (southeastern Argentina). *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 411: 229-248.
173. OKSANEN, J., GUILLAUME BLANCHET, F., FRIENDLY, M., KINDT, R., LEGENDRE, P., MCGLINN, D., MINCHIN, P.R., O'HARA, R.B., SIMPSON, G.L., SOLYMOS, P., STEVENS, M.H.H., SZOECS, E. & H. WAGNER. 2018. *vegan: Community Ecology Package*. R package v2.4-6. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>.
 174. OLDFIELD, F. 2005. Introduction: The Holocene, a special time. En: A. MACKAY, R. BATTARBEE, H.J.B. BIRKS, F. OLDFIELD (Eds.), *Global Change in the Holocene*, Arnold, Londres, pp. 1–9.
 175. PALERMO, P., IRURZUN, M.A., GOGORZA, C., SINITO, A.M., OHLENDORF, C. & ZOLITSCHKA, B. 2018. Rock-magnetic and paleomagnetic studies on late-Holocene sediments from Laguna Cháltel (Patagonia, Argentina), *J. S Am Earth Sci.* doi: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2018.11.028>.
 176. PATRICK, R & REIMER, C.W. 1966. The diatoms of the United States (exclusive of Alaska and Hawaii). *Acad. Nat. Sci. Philadelphia Monogr* 13 (1). Philadelphia. 668 pp.
 177. PATRICK, R & REIMER, C.W. 1975. The diatoms of the United States (exclusive of Alaska and Hawaii). *Acad. Nat. Sci. Philadelphia Monogr.* 13 (2) Philadelphia. 213 p.
 178. PAYNE, R.J. & EGAN, J. 2017. Using paleoecological techniques to understand the impacts of past volcanic eruptions. *Quat. Internat.* 1-12.
 179. PIOVANO E., D. ARIZTEGUI, F. CÓRDOBA, M. CIOCCALE & SYLVESTRE F. 2009. Hydrological variability in South America below the Tropic of Capricorn (Pampas and eastern Patagonia, Argentina) during the last 13.0 ka. In Vimeux F., F. Sylvestre and M. Khodri (Eds.), *Past climate variability from the Last Glacial Maximum to the Holocene in South America and Surrounding regions*. Springer, *Developments in Paleoenv Res Series*: 323-351.
 180. PIOVANO, E.L., CÓRDOBA, F.E. & STUTZ, S. 2014. Limnogeology in southern South America: an overview. *Latin American J Sedimentol Basin Anal* 21(2): 65-75.
 181. POLÍČKOVÁ, A., VESELÁ, J., NEUSTUPA, J. & ŠKALOUD, P. 2010. Pseudocryptic diversity versus cosmopolitanism in diatoms: a case study on *Navicula cryptocephala* Kütz. (Bacillariophyceae) and morphologically similar taxa. *Protist* 161 (3): 353-369.
 182. POTAPOVA, M. 2011. New species and combinations in the genus *Nupela* from the USA, *Diat. Res.* 26(1): 73-87.
 183. POTAPOVA, M. & HAMILTON, P.B. 2007. Morphological and ecological variation within the *Achnanthes minutissimum* (Bacillariophyceae) species complex. *J Phycol.* 43(3):561-575.
 184. POWER, M.J., WHITLOCK, C., BARTLEIN, P.J., 2011. Postglacial fire, vegetation, and climate history across an elevational gradient in the Northern Rocky Mountains, USA and Canada. *Quat. Sci. Rev.* 30, 2520–2533.
 185. QUINTANA, F.A., MAIDANA, N.I., MOTTA, L. & MASSAFERRO, J. 2018. Multiproxy response to climate- and human-driven changes in a remote lake of southern Patagonia (Laguna Las Vizcachas, Argentina) during the last 1.6 kyr. Multiproxy response to climate- and human-driven changes in a lake from Patagonia. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 70(1): 173 – 186.

186. R CORE TEAM. 2017. R: A language and environment for statistical computing. R. Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
187. REAVIE, E.D. & JUGGINS, S. 2011. Exploration of sample size and diatom-based indicator performance in three North American phosphorus training sets. *Aquat Ecol* 45:529–538.
188. REAVIE, E.D. & EDLUND, M.B. 2013. Assessing the performance of a diatom transfer function on four Minnesota lake sediment cores: effects of training set size and sample age. *J. Paleolimnol* 50: 87-104.
189. RECASENS, C. & MAIDANA, N.I. 2013. *Cymbella gravida* sp. nov. a new lacustrine taxón from Santa Cruz, Argentina. *Diat. Res.* 28 (4): 467-472.
190. RECASENS, C., ARIZTEGUI, D. & MAIDANA, N.I. 2010. The diatom record of Laguna Potrok Aike, Argentina. En: Cobella, H. (ed.), 1a Reunión Internodos- “Proyecto Interdisciplinario Patagonia Austral”. 1er Workshop Argentino. “Potrok Aike Maar Lake Sediment Archive Drilling Project”. Buenos Aires, Argentina, 69.
191. REICHARDT, E. 2001. Revision der Arten um *Gomphonema truncatum* und *G. capitatum*. En JAHN, R., KOCIOLEK, J.P., WITKOWSKI, A. & COMPÈRE, P. (Eds): Lange-Bertalot Festschrift. Studies on diatoms dedicated to Prof. Dr. Dr. h.c. Horst Lange-Bertalot on the occasion of his 65th birthday. pp. 187-224. Ruggell: A.R.G. Gantner Verlag K.G..
192. REICHARDT, E. 2015. *Gomphonema gracile* Ehrenberg sensu stricto et sensu auct. (Bacillariophyceae): A taxonomic revision. *Nova Hedwigia* 101(3/4): 367-393.
193. RIOUAL, P., E.A.MORALES, G.CHU, J.HAN, D.LI, J.LIU, Q.LIU, J.MINGRAM & L.ECTOR 2014. *Staurosira longwanensis* sp. nov., a new araphid diatom (Bacillariophyta) from Northeast China. *Fottea* 14(1): 91-100.
194. ROMERO, O. E., & JAHN, R. 2013. Typification of *Cocconeis lineata* and *Cocconeis euglypta* (Bacillariophyta). *Diat. Res.* 28(2), 175-184.
195. ROUND F.E. & BUKHTIYAROVA, L. 1996. Epipsammic diatoms – communities of British Rivers. *Diat. Res.* 11: 363–372.
196. ROUND, F.E.; CRAWFORD, R.M. & D.G. MANN. 1990. The Diatoms. Biology and morphology of the genera. Cambridge University Press. Cambridge.747.
197. ROSS, R. & SIMS, P.A. 1972: The fine structure of the frustule in centric diatoms: a suggested terminology. *Br. Phycol. J.* 7: 139–163.
198. ROSS, R., E.J. COX, N.I. KARAYEVA, D.G. MANN, T.B. PADDOCK, R. SIMONSEN & P.A. SIMS. 1979: An amended terminology for the siliceous components of the diatom cell. – *Nova Hedwigia, Beih.* 64: 513–533.
199. RUMRICH, U., LANGE-BERTALOT, H: & RUMRICH, M. 2000. Diatomeen der Anden von Venezuela bis Patagonien/Tierra del Fuego. En: Lange-Bertalot, H. (ed.). *Iconogr. Diatolmol.* 9: 1-673 pp.
200. SALA, S.E., GUERRERO, J.M. & FERRARIO, M.E. 1993. Redefinition of *Reimeria sinuata* (Gregory) Kociolek & Stoermer and recognition of *Reimeria uniseriata* nov. sp. *Diat. Res.* 8(2): 439-446.
201. SAR E.A., SALA S.E., SUNESEN I., HENNINGER M.S. & MONTASTRUC M. 2009. Catálogos de los géneros, especies y taxa intraespecíficos erigidos por J. Frenguelli. *Diatom Monographs* 10. A.R.G. Gantner Verlag K. G. Ruggell, Leichtenstein.
202. SAULNIER-TALBOT, É., PIENITZ, R., VINCENT, W.F., 2003. Holocene lake succession and palaeooptics of a subarctic lake, northern Québec (Canada). *The Holocene* 13 (4), 517–526.

203. SAUNDERS, K. M., HODGSON, D. A., & MCMINN, A. (2009). Quantitative relationships between benthic diatom assemblages and water chemistry in Macquarie Island lakes and their potential for reconstructing past environmental changes. *Antarctic Sci.* 21(1), 35-49.
204. SCHLOERKE, B., CROWLEY, J., COOK, D., HOFMANN, H., WICKHAM, H., BRIATTE, F., & THOEN, E. GGally: Extension to ggplot2. 2014. R package v1(0), 28.
205. SCHNEIDER, C., GLASER, M., KILIAN, R., SANTANA, A., BUTOROVIC, N., CASASSA, G. 2003. Weather observations across the southern Andes at 531S. *Physical Geography* 24, 97–119.
206. SCHÄBITZ F, WILLE M, FRANCOIS JP, HABERZETTL T, QUINTANA F, MAYR C, LÜCKE A, OHLENDORF C, MANCINI V, PAEZ, MM, PRIETO AR, B ZOLITSCHKA. 2013. Reconstruction of palaeoprecipitation based on pollen transfer functions – the record of the last 16ka from Laguna Potrok Aike, southern Patagonia, *Quat. Sc. Rev.*71: 175–190.
207. SCHÜTT, F., 1896. Bacillariales (diatomeae). In Engler, A. And Prantl, K., editors, *Die natürlichen Pflanzenfamilien*. I. Ib. Leipzig.
208. SHUMAN, B. 2007. Paleoclimate reconstruction. Approaches. *Encyc. Quat. Sc.* pp. 1942-1948.
209. SIEBERT, L., SIMKIN, T. & KIMBERLY, P. 2010. *Volcanoes of the world*. Smithsonian Institution.
210. SIEGER, R., GROBE, H. 2013. PanPlot 2 - software to visualize profiles and time series". Alfred Wegener Institute, Helmholtz Center for Polar and Marine Research, Bremerhaven doi:10.1594/PANGAEA.816201.
211. SIMONSEN, R. 1979. The diatom system: ideas on phylogeny. *Bacillaria*, 2:9-71.
212. Smol, J. P. 2002. *Pollution of Lakes and Rivers: A Paleoenvironmental Perspective*. London, UK: Arnold.
213. SMOL, J.P. 2017. Paleolimnology, Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, Elsevier. doi: 10.1016/B978-0-12-409548-9.10537-8.
214. SMOL, J.P. & CUMMING, B.F. 2000. Tracking long-term changes in climate using algal indicators in lake sediments. *J Phycol.* 36: 986-1011.
215. SMOL, J.P, BIRKS, J.B & LAST W.M. 2001. *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments Vol. 3: Terrestrial, Algal, and Siliceous Indicators*. Kluwer Academic Publishers. New York.
216. SOUFFREAU, C., VANORMELINGEN, P., VAN De VIJVER, B., ISHEVA, T., VERLEYENA. E., SABBE, K. & VYVERMAN, W. 2013. Molecular Evidence for Distinct Antarctic Lineages in the Cosmopolitan Terrestrial Diatoms *Pinnularia borealis* and *Hantzschia amphioxys*. *Protist* 164(1): 101-115.
217. SPAULDING, S.A. & MCKNIGHT, D.M. 1999. Diatoms as indicators of environmental change in Antarctic freshwaters. In: STOERMER EF, SMOL JP (eds) *The diatoms: applications for the environmental and earth sciences*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, pp 245–26.3.
218. SPAULDING, S.A. & STOERMER, E.F. 1997. Taxonomy and distribution of the genus *Muelleria* Frenguelli. *Diat. Res.* 12: 95–115.
219. STENO, N. 1669. *De solido intra solidum naturaliter contento dissertationis prodromus*. Florence, 76 pp.

220. STERN, C.R. 1990. The tephrochronology of southernmost Patagonia. *Natl Geogr Res* 6:110–126.
221. STERN, C.R. 1991. Mid-Holocene tephra on Tierra del Fuego (54°S) derived from the Hudson volcano (46°S): evidence for a large explosive eruption. *Rev Geol Chile* 18:139–146.
222. STERN, C.R. 2008. Holocene tephrochronology record of large explosive eruptions in the southernmost Patagonian Andes. *Bull Volcanol* 70: 435-454.
223. STERN, C.R. & KILIAN, R. 1996. Role of the subducted slab, mantle wedge and continental crust in the generation of adakites from the Andean Austral Volcanic Zone. *Contrib Mineral Petrol* 123:263–281.
224. STINE, S. & STINE, M. 1990. A record from Lake Cardiel of climate in southern South America. *Nature* 345, 6277, 705–708.
225. STUIVER, M., REIMER, P.J., & REIMER, R.W. 2018. CALIB Radiocarbon Calibration Program 7.1.
226. SUNESEN, I., TARDIVO KUBIS, J. A. & E. A. SAR. 2017. A re-investigation of three Frenguelli's Caloneis taxa (Pinnulariaceae, Bacillariophyta) from Argentina. *Phytotaxa* 305(3): 165-178.
227. TELFORD, R.J., BARKER, P., METCALFE, S., NEWTON, A. 2004. Lacustrine responses to tephra deposition: examples from Mexico. *Quat Sci Rev* 23:2337–2353.
228. TELL, G. 1985. Catálogo de las algas de agua dulce de la República Argentina. *Biblioth. Phycol.* 70: 1-283.
229. ter BRAAK C.J.F. & LOOMAN C.W.N. 1986. Weighted averaging, logistic regression and the Gaussian response model. *Vegetatio* 65:3–11.
230. ter BRAAK, C.J.F. 1988. CANOCO e a FORTRAN Program for Canonical Community Ordination by [Partial] [Detrended] [Canonical] Correspondence Analysis, Principal Components Analysis and Redundancy Analysis (Version 2.1). Technical. Report LWA-88-02. Agricultural Mathematics Group, Wageningen.
231. ter BRAAK, C.J.F. & JUGGINS, S. 1993. Weighted averaging partial least squares regression (WA-PLS): an improved method for reconstructing environmental variables from species assemblages. *Hydrobiologia* 269/270: 485-502.
232. THERIOT, E.C., ASHWORTH, M., RUCK, E., NAKOV, T. & JANSEN, R.K. 2010. A preliminary multigene phylogeny of the diatoms: challenges for future research. *Plant Ecol. Evol.* 143: 278–296.
233. TONELLO, M. S., MANCINI, M. V. y SEPPÄ, H. 2009. Quantitative reconstruction of Holocene precipitation changes in southern Patagonia. *Quat. Res.* 72(3): 410-420.
234. TROBAJO, R., ROVIRA, L., ECTOR, L., WETZEL, C.E., KELLY, M. & MANN, D.G. 2013. Morphology and identity of some ecologically important small *Nitzschia* species *Diat. Res.* 28: 37-59.
235. TUDESQUE, L, RIMET, F. & ECTOR, L. 2008. A new taxon of the section *Nitzschiae lanceolatae* Grunow: *Nitzschia costei* sp. nov. compared to *N. fonticola* Grunow, *N. macedonica* Hustedt, *N. tropica* Hustedt and related species. *Diat. Res.* 23(2): 483-501.
236. TUJI, A. & WILLIAMS, D.M. 2008. Typification and type examination of *Synedra familiaris* Kütz. and related taxa. *Diatom* 24: 25-29.
237. TYLER, P.A. 1996. Endemism in freshwater algae, with special reference to the Australian region. *Hydrobiologia* 336:127–135

238. VANORMELINGEN, P., VERLEYEN, E., and VYVERMAN, W. 2008. The diversity and distribution of diatoms: From cosmopolitanism to narrow endemism. *Biodivers. Conserv.* 17: 393–405.
239. VAN De VIJVER, B., & KOPALOVÁ, K. 2014. Four *Achnantheidium* species (Bacillariophyta) formerly identified as *Achnantheidium minutissimum* from the Antarctic Region. *Eur. J. Taxon.* 79.
240. VAN De VIJVER, B. & ZIDAROVA, R. 2011. Five new taxa in the genus *Pinnularia* sectio *Distantes* (Bacillariophyta) from Livingston Island (South Shetland Islands). *Phytotaxa* 24(1): 39-50.
241. VAN De VIJVER B., FRENOT Y. & BEYENS L. 2002. Freshwater diatoms from Île de la Possession (Crozet Archipelago, Subantarctica). *Bibliotheca Diatomologica* 46: 1–412. Schweitzerbart, Stuttgart, Germany.
242. VAN De VIJVER, B., BEYENS, L., VINCKE, S., & GREMMEN, N. J. 2004. Moss-inhabiting diatom communities from Heard Island, sub-Antarctic. *Polar boil.* 27(9), 532-543.
243. VAN De VIJVER, B., KELLY, M., BLANCO, S., JARLMAN, A. & ECTOR, L. 2008. The unmasking of a sub-Antarctic endemic: *Psammothidium abundens* (Manguin) Bukhtiyarova et Round in European rivers. *Diat. Res.* 23(1): 233-242.
244. VAN De VIJVER, B., ECTOR, L. & COX, E.J. 2012. Ultrastructure of *Diatomella balfouriana* with a discussion of septum-like structures in diatom genera *Diat. Res.* 27: 213-221.
245. VAN De VIJVER, B., WETZEL, C., KOPALOVÁ, K., ZIDAROVA, R. & ECTOR, L. 2013. Analysis of the type material of *Achnantheidium lanceolatum* Brébisson ex Kützing (Bacillariophyta) with the description of two new *Planothidium* species from the Antarctic Region. *Fottea* 13(2): 105-117, 121 fig.
246. VAN HEURCK, H. 1880. Synopsis des Diatomées de Belgique. Atlas. *Ducaju & Cie., Anvers.*
247. VILLALBA, R., LARA, A., BONINSEGNA, J.A., MASIOKAS, M., DELGADO, S., ARAVENA, J.C., ROIG, F.A., SCHMELTER, A., WOŁODARSKY, A. & RIPALTA, A. 2003. Large-scale temperature changes across the southern andes: 20th-century variations in the context of the past 400 years. *Climatic Change* 59: 177-232.
248. VILLALBA, R., GROSJEAN, M. & KIEFER, T. 2009. Long-term multi-proxy climate reconstructions and dynamics in South America (LOTRED-SA): state of the art and perspectives. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 281(3): 175-179.
249. VOUILLOUD, A. 2003. Catálogo de diatomeas continentales y marinas de Argentina. Versión 1.0. En soporte magnético. Asociación Argentina de Ficología, La Plata.
250. VOUILLOUD, A., SALA, S.E. & HEGUILOR, S. 2018. Revision of the type material of *Diploneis zanni* Frenguelli (Bacillariophyceae). *Phytotaxa* 351 (3): 239-245.
251. VUILLEMIN, A., ARIZTEGUI, D., LÜCKE, A., MAYR, C. & THE PASADO Science Team. 2014. Paleoenvironmental conditions define current sustainability of microbial populations in Laguna Potrok Aike sediments, Argentina. *Aq. Sci.* 76: 101-114.
252. WALLING, D.E. 1999. Linking land use, erosion and sediment yields in river basins. *Hydrobiologia* 410: 223-240.
253. WARRIER, A.K., MAHESHA, B.S., MOHANA, R., SHANKAR, R., ASTHANA, R. & RAVINDRA, R. 2014. Glacial–interglacial climatic variations at the Schirmacher Oasis, East Antarctica: the first report from environmental magnetism. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 412, 249–260.

254. WENZENS, G., & WENZENS, E. 1998. Late glacial and Holocene glacieradvances in the area of Lago Viedma (Patagonia, Argentina). *Zentralblatt Geologie und Paleontologie* 1997 (3– 6):593– 608.
255. WERUM M. & LANGE-BERTALOT H. 2004. Diatoms in springs from Central Europe and elsewhere under the influence of hydrogeology and anthropogenic impacts. In: *Iconographia Diatomologica. Annotated Diatom Micrographs*. Vol. 13. Ecology-Hydrology-Taxonomy. (Ed. by H. Lange-Bertalot), pp. 3–417, A.R.G. Gantner Verlag K.G., Ruggell.
256. WETZEL, C.E., ECTOR, L., VAN De VIJVER, B., Compère, P. & Mann, D.G. 2015. Morphology, typification and critical analysis of some ecologically important small naviculoid species (Bacillariophyta). *Fottea* 15(2): 203-234, 396 figs, 1 table.
257. WHITING, M.C. & MCINTIRE, C.D., 1985. An investigation of distributional patterns in the diatom flora of Netarts Bay, Oregon, by means of correspondence analysis. *J Phycol.* 21: 655-661.
258. WILLE, M., MAIDANA, N.I., SCHÄBITZ, F., FEY, M., HABERZETTL, T., JANSSEN, S., LÜCKE, A., MAYR, C., OHLENDORF, C., SCHLESER, G.H. & ZOLITSCHKA, B. 2007. Vegetation and climate dynamics in southern South America: the microfossil record of Laguna Potrok Aike, Santa Cruz, Argentina. *Rev. Palaeobot. Palynol.* 146: 234–246.
259. WILLIAMS, D.M. & KOCIOLEK, J.P. 2007: Pursuit of a natural classification of diatoms. History, monophyly and the rejection of paraphyletic taxa. – *Eur. J. Phycol.* 42: 313-319.
260. WILLIAMS, D.M. & KOCIOLEK, J.P. 2010 Towards a comprehensive diatom classification and phylogeny(Bacillariophyta). *Plant Ecol. Evol.* 143 (3): 265–270.
261. WILLIAMS, D.M. & ROUND, F.E. 1986. Revision of the Genus *Synedra* Erhenb. *Diat. Res.* 1 (2):313-339.
262. WILLIAMS, D.M. & ROUND, F.E. 1987. Revision of the Genus *Fragilaria*. *Diat. Res.* 2 (2): 267-288.
263. WITKOWSKI, A. & LANGE-BERTALOT, H. 1993. Established and new diatom taxa related to *Fragilaria schulzii* Brockmann. *Limnologica* 23: 59-70.
264. WITKOWSKI, A., KULIKOVSKIY, M. & RIAUX-GOBIN, C. 2012. *Achnanthidium sieminskae*, a new diatom species from the Kerguelen Archipelago (Austral Islands). En: K. WOŁOWSKI, I. KACZMARSKA, J.M. EHRMAN & A.Z. WOJTAL (eds) *Current advances in algal taxonomy and its applications: phylogenetic, ecological and applied perspective*. pp. 61–68. W. Szafer Institute of Botany, Polish Acad. Sci. Kraków
265. ZIDAROVA R., VAN De VIJVER B., MATALONI G., KOPALOVÁ K. & NEDBALOVÁ L. 2009. Four new fresh-water diatom species (Bacillariophyceae) from Antarctica. *Cryptog. Algol.* 30: 295–310.
266. ZIDAROVA, R., KOPALOVÁ, K. & VAN De VIJVER, B. 2016. Diatoms from the Antarctic region: maritime Antarctica. *Bib. Diat.* 28: [i]-vii, 9-504.
267. ZIMMERMANN, C., JOUVE, G., PIENITZ, R., FRANCUS, P. & MAIDANA, N.I. 2015. Late Glacial and Early Holocene cyclic changes in paleowind conditions and lake levels inferred from diatom assemblage shifts in Laguna Potrok Aike sediments (southern Patagonia, Argentina). *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 427 (2015) 20–31.
268. ZHU, J., LÜCKE, A., WISSEL, H., MÜLLER, D., MAYR, C., OHLENDORF, C., ZOLITSCHKA, B. & THE PASADO Science Team. 2013. The last GlacialeInterglacial transition in Patagonia,

- Argentina: the stable isotope record of bulk sedimentary organic matter from Laguna Potrok Aike. *Quat. Sci. Rev.* 71: 205-218.
269. ZOLITSCHKA, B., ANSELMETTI, F., ARIZTEGUI, D., CORBELL, H., FRANCUS, P., LÜCKE, A., MAIDANA, N.I., OHLENDORFT, C., SHÄBITZ, F. & WASTEGÅRD, S. 2013. Environment and climate of the last 51,000 years e new insights from the Potrok Aike maar lake Sediment Archive Drilling Prject (PASADO). *Quat. Sci. Rev.* 71: 1-12.
 270. ZOLITSCHKA, B., SCHÄBITZ, F., LÜCKE, A., CLIFTON, G., CORBELL, H., ERCOLANO, B., HABERZETTL, T., MAIDANA, N., MAYR, C., OHLENDORF, C., OLIVA, G., PAEZ, M.M., SCHLESER, G.H., Soto, J., TIBERI, P., WILLE, M., 2006. Crater lakes of the Pali Aike Volcanic Field as key sites of paleoclimatic and paleoecological reconstructions in southern Patagonia, Argentina. *J S Am Earth Sci.* 21, 294-309.