



VARIACIÓN ESPACIAL Y ESTACIONAL DEL FITOPLANCTON
TOXIGÉNICO DE TRES ZONAS DE PRODUCCIÓN DEL GOLFO
SAN MATÍAS, PROVINCIA DE RÍO NEGRO.

Petter María Carolina

Directora: Oceanógrafa Alicia Viviana Sastre

Co-director: Mg. Víctor Hugo Fernández Cartes

Licenciatura en Biología Marina

Escuela Superior de Ciencias Marinas

Universidad Nacional del Comahue

2020

Agradecimientos

A mi mamá y mi papá. No me alcanza una vida para agradecerles todo lo que hicieron y hacen por mí. Gracias por dejarme elegir y estar siempre al lado mío en cada paso. Los amo con todo el corazón.

A mis hermanos y mis sobrinos por renovarme las energías cada vez que nos encontramos.

A Kike, por no dejarme bajar los brazos cuando las cosas se ponen difíciles y por soportarme en todo este proceso que no fue nada fácil.

A mis directores Viviana Sastre y Víctor Fernández por aceptar este desafío y acompañarme en el camino.

A la Escuela Superior de Ciencias Marinas.

A mis amigos, gracias a cada uno de ellos por cada momento compartido durante estos años, nada hubiese sido lo mismo sin ustedes.

A Virginia y Vanesa, mis amigas de toda la vida, las que me esperan cada año para vernos, aunque sea un ratito.

A todo el equipo del Programa de Monitoreo de Calidad Ambiental de Zonas de Producción. Tuve la suerte de haberme topado con estas grandes personas de las cuales aprendí muchísimo.

A Cesar y Guille, gracias por tanto cariño, nunca me voy a olvidar de ustedes.

Al dpto. de náutica y buceo del CIMAS.

A Juan Saad y Giuli Burgueño por ayudarme con el montaje de preparados fijos y la identificación de especies.

Al Ministerio de Producción y Agroindustria.

Resumen

Las Floraciones Algales Nocivas (FANs) son aquellos eventos capaces de producir efectos adversos en la salud humana, en las explotaciones de acuicultura y turísticas de zonas costeras y en las poblaciones naturales de organismos marinos, aún con concentraciones celulares moderadas que no llegan a provocar discoloraciones evidentes a ojo desnudo. Las FANs han cobrado una connotación importante a nivel mundial. Los impactos en la salud pública y en la economía, parecen haber incrementado en frecuencia, intensidad y distribución geográfica. En el Golfo San Matías se lleva a cabo, desde el 2015 a la actualidad, el monitoreo de fitoplancton en tres sectores ubicados en el NO del golfo: Playa Villarino, Playa Orengo y El Buque (denominados como zonas de producción AR-RN 001, AR-RN 002 y AR- RN 004, respectivamente). En este trabajo de tesis, se analizaron muestras colectadas con dos técnicas: red de plancton de 20µm y manguera, para obtener una muestra integrada de la columna de agua. El monitoreo de fitoplancton comprendió 12 meses, desde enero hasta diciembre del año 2018. Mediante un análisis cualitativo y otro cuantitativo se determinó la composición del fitoplancton en general y especies toxigénicas en particular. Se evaluó la variación espacial y estacional para establecer una línea base de los patrones comunitarios del fitoplancton en el NO del GSM. Se identificaron 90 especies de diatomeas, 24 de dinoflagelados, 2 silicoflagelados y 1 rafdoficea. Se detectó la presencia de especies asociadas a la producción de toxinas: *Pseudo-nitzschia australis* y *Pseudo-nitzschia pungens*, diatomeas asociadas a la producción de toxina amnésica; *Dinophysis tripos* y *Prorocentrum lima*, dinoflagelados asociados a la producción de toxinas lipofílicas; *Alexandrium catenella*, asociado a la producción de

toxinas paralizantes y *Chattonella sp.*, rafidoficea asociada a la producción de toxinas similares a brevetoxinas e ictiotóxicas. Mediante el índice de Shannon-Weaver se determinó que la mayor diversidad de especies se encontró durante el invierno y primavera. No se detectó una variación espacial en cuanto a la composición de especies. Se estableció una relación entre la detección de toxinas lipofílicas en carne de moluscos asociada a la presencia de *D. tripos* y *P. lima*. No se registraron otras toxinas en moluscos durante el período de estudio. El monitoreo regular del fitoplancton permite alertar, en forma temprana, a las autoridades sanitarias y pesqueras y al sector marisquero sobre la potencial presencia de toxinas en los moluscos, ya que la presencia a bajas concentraciones de microalgas tóxicas en relación con la población fitoplanctónica total, es el primer indicador de un posible brote de toxicidad en los moluscos.

Palabras claves: Golfo San Matías, fitoplancton, toxigénico, diatomeas, dinoflagelados

Abstract

Harmful Algal Blooms (HABs) are those events capable of producing adverse effects on human health, in aquaculture and tourist farms in coastal areas and in natural populations of marine organisms, even with moderate cell concentrations that do not cause discoloration. obvious to the naked eye. The HABs have acquired an important connotation worldwide. The impacts on public health and the economy seem to have increased in frequency, intensity and geographic distribution. In the San Matías Gulf, a phytoplankton monitoring has been carried out from 2015 to the present in three sectors located at the NW area: Playa Villarino, Playa Orengo and El Buque (formally known as production areas AR-RN 001, AR-RN 002 and AR- RN 004, respectively). This thesis focused on the analysis of samples collected with two methods: a 25µm plankton net and hose, in order to obtain an integrated sample of the whole water column. Through qualitative and quantitative analyses, the composition of phytoplankton in general and toxigenic species in particular was described. Spatial and seasonal variations were also assessed. A diverse array of species were identified, counting for a total of 90 species of diatoms, 24 of dinoflagellates, 2 silicoflagellates and 1 raphidoficea. Different toxigenic species were detected: *Pseudo-nitzschia australis* and *Pseudo-nitzschia pungens*, diatoms associated with the production of amnesic toxin; *Dinophysis tripos* and *Prorocentrum lima*, dinoflagellates associated with the production of lipophilic toxins; *Alexandrium catenella*, associated with the production of paralyzing toxins and *Chattonella sp.*, raphidophyse associated with the production of toxins similar to brevetoxins and ichthyotoxic. Using the Shannon-Weaver index it was determined that the greatest diversity of species was found during winter and spring. No spatial variation in species composition was observed. A relationship was established

between the detection of lipophilic toxins in mollusk meat associated with the presence of *D. tripos* and *P. lima*. No other toxins were recorded in mollusks during the study period. Regular monitoring of phytoplankton allows the health and fisheries authorities and the shellfish sector to be alerted early on the potential presence of toxins in mollusks, since the presence at low concentrations of toxic microalgae in relation to the total phytoplankton population, is the first indicator of a possible outbreak of toxicity in mollusks.

Key words: Golfo San Matías, phytoplankton, toxigenic, diatoms, dinoflagellates

Índice:

Agradecimientos	2
Resumen	4
1. Introducción.....	9
2. Objetivos e Hipótesis.....	12
2.1 Objetivo general:	12
2.2 Objetivos específicos:	13
2.3 Hipótesis:.....	13
3. Materiales y métodos	13
3.1. Área de estudio	13
3.2. Colección e identificación de las muestras	14
3.3. Análisis de datos:	17
4. Resultados	18
4.1. Composición de la comunidad fitoplanctónica	18
4.2. Especies productoras de Toxinas Lipofílicas de Moluscos (TPM):	20
4.2.1 <i>Dinophysis tripos</i>	20
4.2.2 <i>Prorocentrum lima</i>	21
4.3. Especie productora de Toxinas Paralizantes de Moluscos (TPM):	22
4.3.1 <i>Alexandrium catenella</i>	22
4.4 Especies Productoras de Toxina Amnésica de Moluscos (TAM)	24
4.4.1. <i>Pseudo-nitzschia australis</i>	24
4.4.2 <i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	25
4.5. Especie asociada a la producción de Ictiotoxinas y toxinas similares a Brevetoxinas	26
4.5.1. <i>Chattonella sp.</i>	26
4.6 Variación espacial de la composición de especies.....	27
4.7 Variación espacial y estacional de especies toxigénicas	28
5. Discusión:	32
6. Conclusiones:	36
7. Bibliografía:	39
ANEXO I: Matrices de presencia/ausencia.....	50
ANEXO II: Fotografías	52

1. Introducción

El fitoplancton es un componente crítico del ecosistema marino ya que es responsable de aproximadamente la mitad de la producción primaria neta mundial (Field *et al.* 1998). Está formado por microorganismos autótrofos vegetales que utilizan la luz solar para transformar sustancias simples que obtienen del medio ambiente, en la materia orgánica necesaria para su crecimiento y multiplicación. Este es uno de los procesos más importantes del planeta ya que constituye el primer eslabón de la compleja trama alimentaria acuática. Diatomeas, flagelados y dinoflagelados son, por su cantidad, los grupos de algas más importantes que componen el fitoplancton. Se distinguen entre sí por las formas de vida o estrategias reproductivas adoptadas en el curso de su evolución en un medio dinámico y cambiante (Carreto 1989).

Bajo ciertas condiciones ambientales, el fitoplancton puede experimentar altas tasas de crecimiento y alcanzar densidades celulares elevadas (Karlson *et al.* 2010). A estos fenómenos naturales se los conoce como floración (bloom), marea roja, discoloraciones o alocoloraciones. En cambio, se denomina Harmful Algal Blooms (HAB) o Floraciones Algales Nocivas (FANs) a aquellos eventos capaces de producir efectos adversos en la salud humana, en las explotaciones de acuicultura y turísticas de zonas costeras y en las poblaciones naturales de organismos marinos, aún con concentraciones celulares moderadas que no llegan a provocar discoloraciones evidentes a ojo desnudo (Reguera 2002, Sunesen *et al.* 2009). Cuando estas microalgas son ingeridas por organismos filtradores, las toxinas se acumulan en sus tejidos y se transmiten a niveles superiores de la red alimentaria, incluyendo a los seres humanos. Las toxinas son tan potentes, que incluso a bajas concentraciones de microalgas (10^3 - 10^4 cel L⁻¹) y sin que se formen manchas en el agua, pueden convertir a los bivalvos en no aptos para el consumo (Reguera

et al. 2011). Las FANs han cobrado una connotación importante a nivel mundial. Los impactos en la salud pública y en la economía, parecen haber incrementado en frecuencia, intensidad y distribución geográfica (Hallegraeff 1993). Existen especies que pueden causar efectos tóxicos sin alcanzar una gran densidad. De las aproximadamente 5.000 especies de microalgas descritas, alrededor de 300 especies pueden proliferar, causando algún tipo de nocividad y, de estas, solo unas 80 tienen la capacidad de producir potentes toxinas. Entre estos organismos se encuentran algunas especies de diatomeas, de cianobacterias y dinoflagelados (Hallegraeff 2003).

Las FANs son un problema a nivel mundial con implicaciones regionales y locales. El impacto negativo de las FANs puede operar en diferentes niveles, afectan no solo a la salud humana, sino también a la economía de la región, debido al cese de la actividad de extracción por corto tiempo o permanente de los stocks de mariscos, reducción en las ventas de alimentos marinos, impacto en el turismo y negocios asociados. Esto se debe a que los organismos que filtran el fitoplancton (organismos transvectores) son de importancia comercial, lo que conlleva a una paralización en la actividad pesquera, una disminución en la compra de productos del mar debido a la desconfianza y un aumento en gastos de monitoreo y atenciones médicas. Esto último producto de que los efectos de la intoxicación varían desde simples molestias gastrointestinales hasta causar la muerte en pocos minutos dependiendo del tipo y de la concentración de las toxinas (Avaria *et al.* 1999).

En Argentina, en 1980, se detectó el primer episodio de envenenamiento por ingestión de moluscos bivalvos del Mar Argentino, se trató de la muerte de dos pescadores del buque Constanza que operaba en la zona de península de Valdés (Carreto 1989). A partir de este evento, en la zona costera patagónica se han intensificado los estudios sobre

especies de microalgas nocivas, sobre las condiciones oceanográficas que se presentan durante su desarrollo, y sobre sus efectos en las pesquerías y la salud humana (Santinelli *et al.* 2002). En la costa de Río Negro, existen registros oficiales de toxina paralizante durante los años 1987 y 1989 en el Informe de Palazzeci y Arizaga (1994), y en el año 1988 en los archivos del Programa de Monitoreo de Calidad Ambiental de Zonas de Producción de Río Negro (PMCAZP-RN). Si bien el primer registro de detección es del año 1987, no se puede descartar su presencia en años previos, ni en otros lugares de la costa que no fueron monitoreados.

Existen algunos antecedentes de estudios sobre fitoplancton en el Golfo San Matías (GSM): Carreto y Verona (1974), Carreto *et al.* (1974) y Verona *et al.* (1974) realizaron estudios de la ecología del fitoplancton; Sastre *et al.* (1997) analizaron la estructura y distribución de la comunidad fitoplanctónica, y Sar (1996), Esteves *et al.* (1996) y Petter *et al.* (2017), caracterizaron la flora diatomológica de la Bahía San Antonio. En el área norte del GSM, donde hay bancos naturales de moluscos y antecedentes de cultivos de mejillón a escala comercial, han sido realizados estudios que permitieron detectar especies citadas como nocivas no toxígenas y algunas especies que son potencialmente toxígenas (Losada *et al.* 2018; Sunesen *et al.* 2009).

En Argentina, se aplican las exigencias de normativas de la Unión Europea (CEE 91/492 y 493) para el control sanitario en moluscos y protección de los consumidores. Esto requiere intensos controles de bio-toxinas (Suárez *et al.* 2002). La presencia de toxinas en los bivalvos se determina mediante bioensayos de ratón para toxinas paralizantes (TPM) y toxinas lipofílica (TLM) o análisis químicos para toxinas amnésicas (TAM), Los moluscos bivalvos y gasterópodos que contengan un nivel de TPM superior a las 400 Unidades Ratón/100 g de pulpa húmeda (80 microgramos de Saxitoxina

equivalente (STXeq)/100 g de pulpa húmeda), no serán aptos para el consumo. Los niveles de TLM deben ser negativos y los de TAM (Ácido Domoico) no deben superar los 20 µg/g de pulpa húmeda para que el consumo sea apto.

La identificación de microalgas productoras de toxinas es utilizada en algunos países como alerta primaria en el monitoreo de ficotoxinas. Con el objetivo de alertar en forma temprana la próxima presencia de ficotoxinas en los moluscos y permitir su extracción antes que se establezcan vedas, en el golfo San Matías se lleva a cabo desde el 2015 a la actualidad el monitoreo de fitoplancton en tres sectores: Playa Villarino, Playa Orengo y El Buque (denominadas como zonas de producción AR RN001, AR RN002 y AR RN004, respectivamente). Esta actividad se realiza en el marco del PMCAZP-RN que mantiene el Centro de Investigación Aplicada y de Transferencia Tecnológica en Recursos Marinos “Almirante Storni” (CIMAS), financiado por Ministerio de Producción y Agroindustria de la Provincia de Río Negro. En el presente trabajo se analizará la variación espacial y estacional de las microalgas con especial énfasis en las especies toxigénicas que se han identificado en el monitoreo llevado a cabo en el PMCAZP-RN.

2. Objetivos e Hipótesis

2.1 Objetivo general:

En el presente trabajo de Tesis se plantea como objetivo general identificar las microalgas presentes en tres zonas de producción de moluscos bivalvos de la provincia de Río Negro, y analizar su variación estacional y espacial, con énfasis en la identificación de las especies toxigénicas y su relación con la detección de ficotoxinas en moluscos bivalvos de importancia comercial.

2.2 Objetivos específicos:

- Identificar, al menor nivel taxonómico posible, las especies que componen la comunidad fitoplanctónica en tres zonas de producción de moluscos bivalvos de la Provincia de Rio Negro.
- Analizar la variación espacial y estacional de las especies toxigénicas y su relación con eventos de presencia de toxinas en muestras de moluscos bivalvos comerciales en las zonas de estudio.

2.3 Hipótesis:

Existe variabilidad estacional y espacial en la composición del fitoplancton en general y de las algas toxigénicas en particular.

Existe una relación detectable entre los episodios de presencia de toxinas en moluscos y la presencia de microalgas tóxicas.

3. Materiales y métodos

3.1. Área de estudio

Al norte de la plataforma continental patagónica se ubica el golfo San Matías (GSM), una cuenca semicerrada localizada entre las latitudes de 40° 47' S y 42° 13' S. Presenta un área de aproximadamente 20.000 km², siendo el segundo golfo más grande de Argentina (Williams 2011). Estudios realizados dentro del GSM, permitieron determinar que en Punta Colorada y Las Grutas las corrientes tienen una orientación N-NO a S-SE, con valores máximos de 66 y 79 cm.s⁻¹; mientras que en San Antonio Este la dirección fue NE a SO con máximos de 50 cm.s⁻¹ (Moreira *et al.* 2009).

Se analizó un conjunto de muestras provenientes de las zonas de producción: AR-RN 001 (Playa Villarino - 40° 50' S - 64° 44' W); AR-RN 002 (Playa Orenge - 40° 55' S 64° 40' W) y AR-RN 004 (El Buque - 40° 57' LS – 65° 05' W) (Fig. 1).



Fig 1. Área de estudio: Golfo San Matías, Zonas de Producción de Moluscos Bivalvos de la provincia de Río Negro. (Tomado de Google maps).

3.2. Colección e identificación de las muestras

La colección de las muestras se realizó entre enero y diciembre del 2018 por el Equipo de Náutica y Buceo del CIMAS, en el marco del Programa de Monitoreo de Calidad Ambiental de las Zonas de Producción de la provincia de Río Negro (PMCAZP-RN), con frecuencia semanal en la zona AR-RN 001 y AR-RN 004 y mensual en la zona AR-RN 002. Para el análisis cualitativo las muestras se tomaron con red bicónica con tamaño de poro de 20 μm (Fig. 2a) mediante arrastre oblicuo, y para el análisis cuantitativo de especies productoras de toxinas se tomó una muestra integrada con manguera (Fig. 2b) (Lindahl 1986; Reguera 2002). Al llegar al laboratorio las muestras tomadas con manguera fueron filtradas con una malla de 20

μm de tamaño de poro. Ambas muestras fueron concentradas hasta un volumen de 40ml y fijadas con una Solución de Lugol comercial para su preservación (Fig. 3).



Fig 2. Elementos de muestreo: a) Red bicónica con tamaño de poro de 20 μm . b) Manguera



Fig 3. Elementos para concentrar las muestras: A) Vaso plástico con ventana para filtrar con una malla de 20 μm . B) Frasco de 40 ml.

La cuantificación de las microalgas se realizó con una cámara Sedgewick Rafter bajo microscopio óptico, con objetivos de 10X y 40X (Sunesen *et al.* 2009) (Fig. 4).

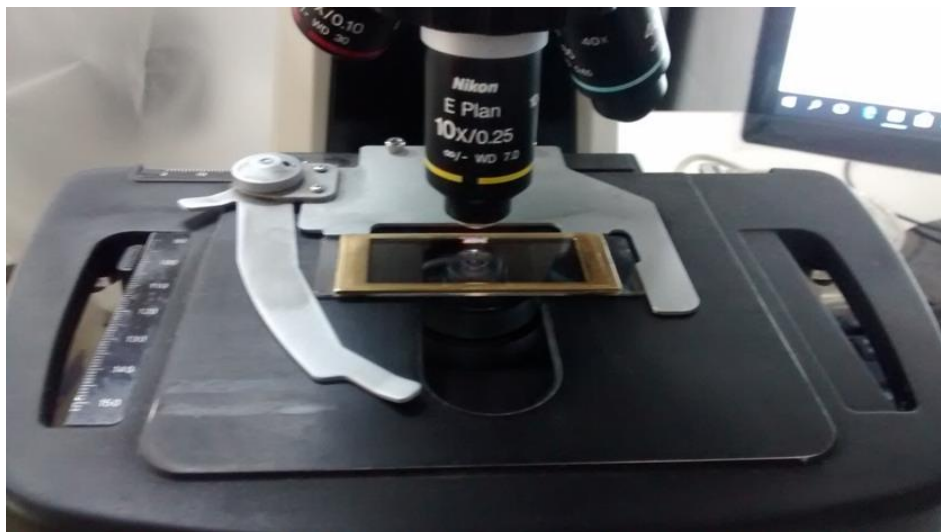


Fig 4. Cámara Sedgewick Rafter en microscopio óptico

Para identificar las características taxonómicas de las diatomeas, las muestras fueron tratadas para realizar preparados fijos siguiendo los métodos descritos por Müller-Melchers y Ferrando (1956). Los ejemplares fueron fotografiados utilizando un microscopio óptico equipado con cámara Tv lens 0.55x marca Nikon. Las imágenes fueron capturadas y procesadas con el programa Micrometrics SE Premium 4.5.

La identificación taxonómica de las microalgas se realizó mediante la consulta bibliográfica (Sar 1996; Sastre *et al.* 1997; Sastre *et al.* 2001; Sunesen *et al.* 2009), catálogos específicos (Inostroza *et al.* 2010; Inostroza *et al.* (2016), claves dicotómicas (Hasle y Syvertsen 1997), página web AlgaeBase (Guiry *et al.* 2019) y consulta a especialistas nacionales.

3.3. Análisis de datos:

Para explorar los cambios temporales en la composición por especies de la comunidad se empleó el programa PRIMER 6.1.15 (Clarke y Gorley, 2006). Se seleccionaron las muestras de las zonas AR-RN 001 y AR-RN 004 de las semanas que coinciden con la toma de muestra en la zona AR-RN 002, se evaluaron los cambios en la estructura de la comunidad basados en una matriz de presencia/ausencia de las especies (Anexo I), y se visualizaron en una ordenación numérica por Escalado Multidimensional No-métrico (MDS).

Las diferencias significativas entre los sitios y las estaciones del año fueron determinadas con el análisis ANOSIM.

La diversidad de Shannon se analizó con el programa PRIMER 6.1.15 (Clarke y Gorley, 2006). Se utilizó el coeficiente de similitud de Bray-Curtis para cuantificar la similitud entre todos los pares de muestras (Clarke y Warwick, 2001).

$$H' = - \sum_{i=1}^S (P_i) * (\log P_i)$$

S: número de especies

P_i: abundancia relativa de la especie i = n_i/N

n_i: número de individuos de la especie i

N: total de organismos presentes

4. Resultados

4.1. Composición de la comunidad fitoplanctónica

El fitoplancton de las tres zonas estuvo caracterizado por el predominio de diatomeas (Ver fotografías en el Anexo II). En total, se identificaron 120 especies: 93 especies de diatomeas (clase Bacillariophyceae), 24 especies de dinoflagelados (Clase Dinophyceae), 2 especies de silicoflagelados (Clase Dycytochophyceae) y 1 especie de rafdoficea (Clase Raphidophyceae) (Tabla I).

Entre los dinoflagelados identificados hay dos especies asociadas a la producción de Toxinas Lipofílicas: *Dinophysis tripos* y *Prorocentrum lima* (Lee *et al.* 1989), y una especie asociada a la producción de Toxinas Paralizantes, *Alexandrium catenella* (Carreto 1989).

Además, se identificaron dos especies de diatomeas, *Pseudo-nitzschia pungens* y *Pseudo-nitzschia australis* reportadas como productoras de Toxina Amnésica (Bates *et al.* 1998).

Se identificó una microalga perteneciente a un pequeño grupo, las Raphidophyceae, del género *Chattonella*, no citada previamente para el Golfo San Matías. Algunas especies de este género forman florecimientos algales nocivos y producen hemolisinas, hemaglutininas, compuestos ictiotóxicos de oxígeno reactivo (superóxidos y peróxido de hidrógeno) y toxinas similares a las brevetoxinas (Khan *et al.* 1998; Band-Schmidt *et al.* 2011; López *et al.* 2011).

Tabla 1: Microalgas identificadas en las muestras colectadas durante el año 2018.

DIATOMEAS		
<i>Achnanthes longipes</i>	<i>Coscinodiscus</i> spp.	<i>Navicula cancellata</i>
<i>Actinopterychus splendens</i>	<i>Cyclotella</i> sp.	<i>Navicula</i> sp.
<i>Actinopterychus vulgaris</i>	<i>Cylindrotheca closterium</i>	<i>Nitzschia parvula</i>
<i>Amphipentax pentacrinus</i>	<i>Cymatopleura</i> sp.	<i>Nitzschia sigma</i>
<i>Amphitetras antediluvianum</i>	<i>Delphineis surirella</i>	<i>Odontella aurita</i>
<i>Amphora</i> sp.	<i>Detonula</i> sp.	<i>Odontella mobiliensis</i>
<i>Auliscus</i> sp.	<i>Diploneis crabro</i>	<i>Odontella sinensis</i>
<i>Bacillaria</i> sp.	<i>Ditylum brightwellii</i>	<i>Paralia sulcata</i>
<i>Bacteriastrum</i> sp.	<i>Donkinia carinata</i>	<i>Pinnularia</i> sp.
<i>Bellerochea malleus</i>	<i>Entomoneis</i> sp.	<i>Plagiogramma</i> sp.
<i>Biddulphia alternans</i>	<i>Eucampia</i> sp.	<i>Pleurosigma</i> sp.
<i>Biddulphia</i> sp.	<i>Eucampia zodiacus</i>	<i>Podosira stelliger</i>
<i>Campylodiscus</i> sp.	<i>Eupyxidula turris</i>	<i>Proboscia alata</i>
<i>Cerataulina</i> sp.	<i>Fragilaria</i> sp.	<i>Pseudonitzschia</i> spp.
<i>Chaetoceros affinis</i>	<i>Grammatophora marina</i>	<i>Pseudonitzschia pungens</i>
<i>Chaetoceros contortus</i>	<i>Guinardia delicatula</i>	<i>Pseudonitzschia australis</i>
<i>Chaetoceros convolutus</i>	<i>Guinardia flaccida</i>	<i>Rabdonema</i> sp.
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	<i>Guinardia striata</i>	<i>Rhaphoneis amphiceros</i>
<i>Chaetoceros danicus</i>	<i>Gyrosigma</i> sp.	<i>Rhizosolenia imbricata</i>
<i>Chaetoceros debilis</i>	<i>Halamphora</i> sp.	<i>Rhizosolenia setigera</i>
<i>Chaetoceros decipiens</i>	<i>Hemiaulus</i> sp.	<i>Rhizosolenia styliformis</i>
<i>Chaetoceros didymus</i>	<i>Leptocylindrus danicus</i>	<i>Striatella unipunctata</i>
<i>Chaetoceros lacinosus</i>	<i>Leptocylindrus minimus</i>	<i>Synedra librile</i>
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	<i>Leptocylindrus</i> spp.	<i>Synedra</i> spp.
<i>Chaetoceros peruvianum</i>	<i>Licmophora flabellata</i>	<i>Terpsinoe</i> sp.
<i>Chaetoceros radicans</i>	<i>Licmophora</i> sp.	<i>Thalassionema</i> spp.
<i>Chaetoceros socialis</i>	<i>Lithodesmiun</i> sp.	<i>Thalassiosira nitzschioides</i>
<i>Chaetoceros</i> spp.	<i>Lyrella clavata</i>	<i>Toxarium undulatum</i>
<i>Chaetoceros teres</i>	<i>Mastogloia</i> sp.	<i>Toxonidea</i> sp.
<i>Cocconeis</i> spp.	<i>Melosira</i> sp.	<i>Triceratium favus</i>
<i>Corethron</i> sp.	<i>Meuniera membranacea</i>	<i>Ulnaria ulna</i>

DINOFLAGELADOS		
<i>Alexandrium catenella</i>	<i>Gyrodinium spirale</i>	<i>Protoperidinium crassipes</i>
<i>Tripes furca</i>	<i>Metaphalacroma</i> sp.	<i>Protoperidinium depressum</i>
<i>Tripes fusus</i>	<i>Noctiluca</i> sp.	<i>Protoperidinium ovatum</i>
<i>Tripes longipes</i>	<i>Prorocentrum compressum</i>	<i>Protoperidinium pellucidum</i>
<i>Tripes muelleri</i>	<i>Prorocentrum lima</i>	<i>Protoperidinium pentagonum</i>
<i>Dinophysis tripos</i>	<i>Prorocentrum micans</i>	<i>Protoperidinium</i> spp.
<i>Gonyaulax spinifera</i>	<i>Protoperidinium bipes</i>	<i>Scrippsiella</i> sp.
<i>Gymnodinium gracile</i>	<i>Protoperidinium conicum</i>	<i>Zigabikodinium lenticulatum</i>

SILICOFLAGELADOS
<i>Dictyocha fibula</i>
<i>Octactis speculum</i>

RAFIDOFICEAS
<i>Chattonella sp.</i>

4.2. Especies productoras de Toxinas Lipofílicas de Moluscos (TPM):

4.2.1 *Dinophysis tripos*

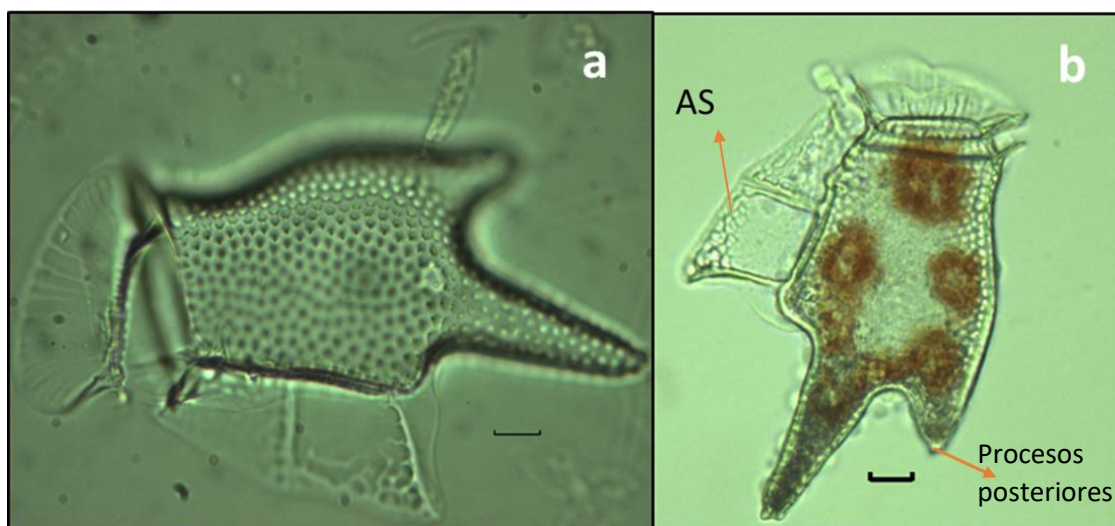


Fig. 5. *Dinophysis tripos*, especie productora de toxinas lipofílicas. a) en vista lateral (400X). b) en vista lateral (400X). AS: aleta sulcal izquierda. Escala: 10 µm

Ubicación Taxonómica:

Clase Dinophyceae

Orden Dinophysales

Familia Dinophysaceae

Género *Dinophysis*

Especie *Dinophysis tripos*

Descripción: célula grande con dos procesos posteriores en forma de V, uno se extiende casi a lo largo de la línea media del cuerpo y está hacia la mitad entre los márgenes ventral y dorsal, el otro es corto y dorsal. La aleta sulcal izquierda es más amplia posteriormente y tiene un margen recto (Lee *et al.* 1989) (Fig. 5).

Distribución: Es una especie nerítica, estuarina y oceánica, de aguas templado-cálidas a tropicales, rara vez se encuentra en aguas frías. (Steidinger, 1997).

4.2.2 *Prorocentrum lima*



Fig. 6. *Prorocentrum lima*, especie productora de toxinas lipofílica. a) detalle de los poros (1000X). b) célula fijada (400X). Escala: 10 μ m

Ubicación taxonómica:

Clase Dinophyceae

Orden Prorocentrales

Familia Prorocentraceae

Género *Prorocentrum*

Especie *Prorocentrum lima*

Descripción: las células son oblongas a ovaladas más amplias en el centro, con una muesca en la parte anterior. Valvas tecales gruesas con poros superficiales dispersos. Cada valva contiene de 50 a 80 poros marginales distribuidos de manera uniforme en la periferia de la valva, en el centro de la valva no se observan poros. La célula tiene un pirenoide central y el núcleo es posterior, con un área flagelar con ocho placas (Muciño et al. 2015). (Fig. 6).

Distribución: Es una especie nerítica y estuarina distribuída mundialmente de aguas templadas y tropicales. Se la puede encontrar adherida a la superficie de macroalgas y restos bentónicos asociados a arrecifes de coral (Steidinger, 1997).

4.3. Especie productora de Toxinas Paralizantes de Moluscos (TPM):

4.3.1 *Alexandrium catenella*

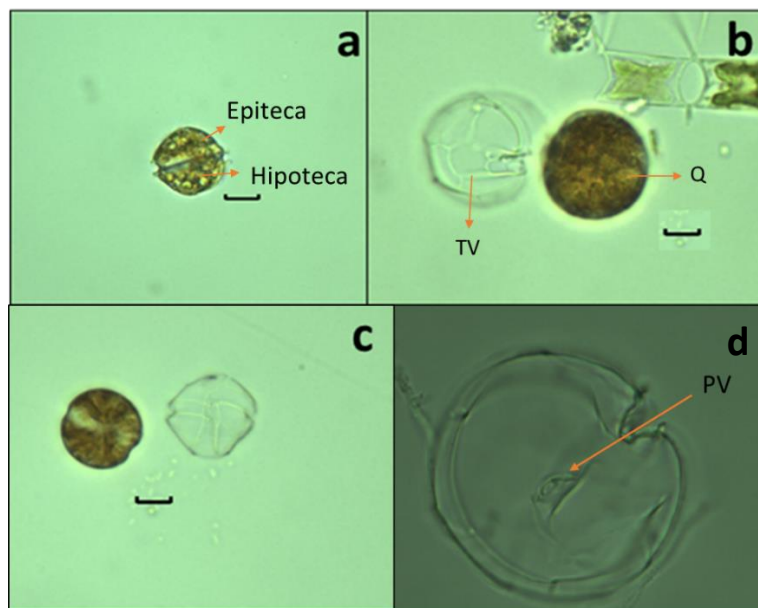


Fig. 7. *Alexandrium catenella*, especie productora de toxinas paralizantes a) aspecto general de la célula móvil (100X). b) vista antapical de la teca vacía y quiste temporario liberado (400X). c) vista ventral de la teca vacía y quiste temporario (100X). d) Poro ventral (1000X). Q: quiste temporario, TV: teca vacía, PV: poro ventral. Escala: a-c 20 μ m; b 10 μ m. Fotografías: Téc. Patricia Acosta.

Ubicación Taxonómica:

Clase Dinophyceae

Orden Gonyaulacales

Familia Pyrophacaceae

Género *Alexandrium*

Especie: *Alexandrium catenella*

Descripción: Se caracteriza por tener un tamaño mediano o pequeño, isodiamétrica o con muy pequeña diferencia entre el largo y el ancho y, en este caso, apenas más ancha que larga. Forma irregularmente pentagonal, epiteca hemisférica, hombros perceptibles, aunque no fuertemente marcados. Hipoteca trapezoidal, margen posterior generalmente aplastado o apenas cóncavo, casi siempre ascendente hacia la derecha (Fig. 27 a-b). Teca de pared delgada y escasamente porulada. Tiene un pequeño poro ventral que puede estar en el borde mayor derecho de la placa 1', más raramente en el de 4' que se une a éste. Células simples, más raramente en cadenas cortas (2 a 4 células) (Tomas 1997).

Distribución: Su presencia ha sido comprobada en la mitad norte de la costa argentina, desde la zona sur de la boca del Río de la Plata hasta el sur del Golfo San Jorge, y en Uruguay (Medina *et al.* 1993).

4.4 Especies Productoras de Toxina Amnésica de Moluscos (TAM)

4.4.1. *Pseudo-nitzschia australis*

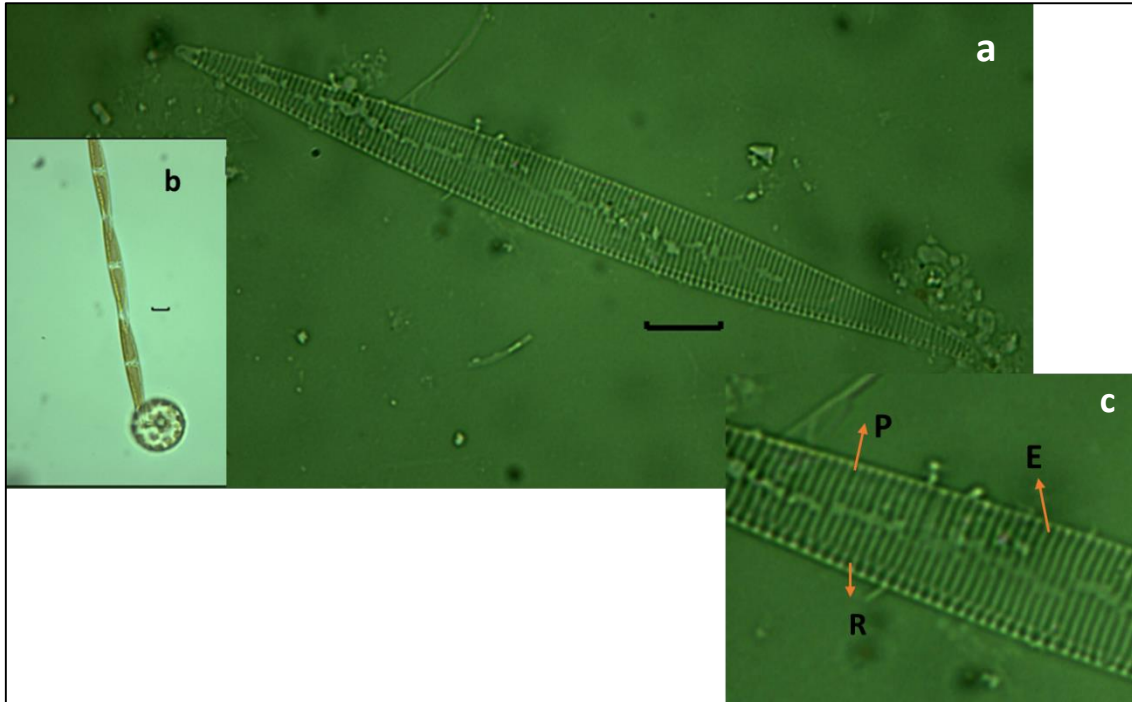


Fig. 8. Especie productora de toxina amnésica a) *Pseudo-nitzschia australis*, detalle de valvas vacías 1000X. b) *Pseudo-nitzschia australis* 400X. c) Detalle de la valva E: estrías, P: poroides, R: rafe. 1500X. Escala de a y b: 10 μ m

Ubicación Taxonómica:

Clase Bacillariophyceae

Subclase Bacillariophycidae

Orden Bacillariales

Familia Bacillariaceae

Género *Pseudo-nitzschia*

Especie *Pseudo-nitzschia australis*

Descripción: Colonias en escalera formadas por superposición de los extremos valvares en aproximadamente $\frac{1}{4}$ del largo total de las células. Frústulos linear-lanceolados con ápices agudos en vista cingular. Valva lanceolada, ancha, con lados

paralelos en su parte media o ligeramente asimétricas respecto del eje apical. Superficie valvar con estrías formadas dos hileras de poroides circulares. Rafe excéntrico, sin interespacio central (Sunesen *et al.* 2009).

Distribución: Es una especie cosmopolita según Hasle (2002).

4.4.2 *Pseudo-nitzschia pungens*

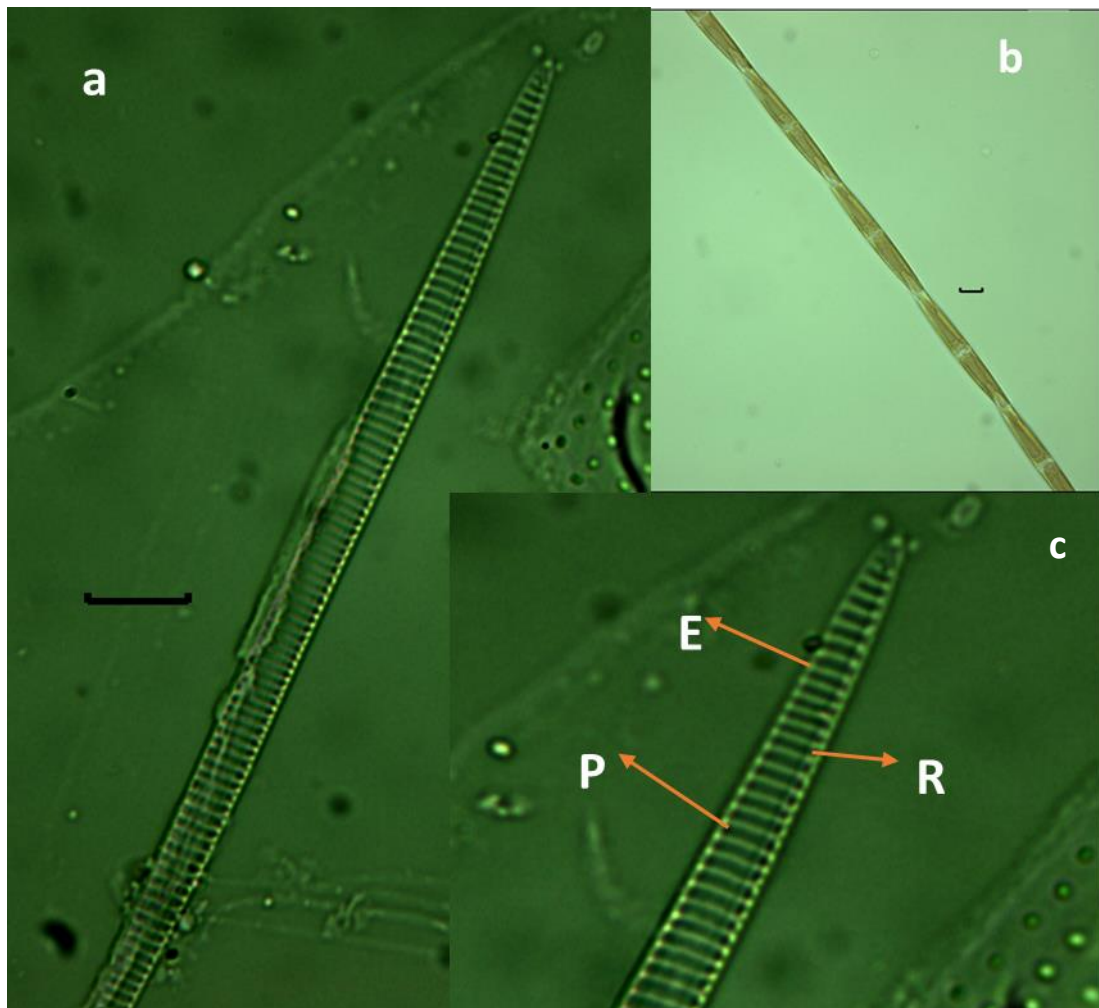


Fig. 9. *Pseudo-nitzschia pungens*, especie productora de toxina amnésica a) Detalle de valvas vacías (1000x). b) Cadena de cinco células (400x). c) Detalle de la valva E: estrías, P: poroides, R: rafe. 1500X. Escala de a y b: 10 μ m

Ubicación Taxonómica:

Clase Bacillariophyceae

Subclase Bacillariophycidae

Orden Bacillariales

Familia Bacillariaceae

Género *Pseudo-nitzschia*

Especie *Pseudo-nitzschia pungens*

Descripción: Colonias en escalera formadas por superposición de los extremos valvares en aproximadamente 1/3 del largo total de las células. Frústulos fusiformes con ápices agudos en vista cingular. Valva linear, angosta, con lados paralelos en su parte media, a fusiforme en los especímenes pequeños, con ápices agudos. Superficie valvar con estrías formadas dos hileras de poroides circulares. Rafe excéntrico, sin interespacio central (Sunesen *et al.* 2009).

Distribución: Es una especie cosmopolita según Hasle (2002)

4.5. Especie asociada a la producción de Ictiotoxinas y toxinas similares a Brevetoxinas

4.5.1. *Chattonella* sp.



Fig 10. *Chattonella* sp., especie asociada a la producción de Ictiotoxinas y toxinas similares a Brevetoxina (400X). Escala: 10 μ m

Ubicación Taxonómica:

Clase Raphidophyceae

Orden Chattonellales

Familia Chattonellaceae

Género Chattonella

Especie: *Chattonella sp.*

Descripción de la clase Raphidophyceae: Son unicelulares, de forma ovoide, alargadas y periformes, carecen de pared celular rígida, presentan dos flagelos heterodinámicos (Lopez *et al.* 2011). *Chattonella sp.* se distingue de otras rafidofíceas por la inserción apical o casi apical de los flagelos. Miden entre 12 y 120 μm (Moestrup 2002).

Distribución: Citada para áreas costeras marinas o salobres, poco profundas (Throdsen, 1997).

4.6 Variación espacial de la composición de especies

El análisis con el escalado multidimensional no métrico (MDS) muestra que no existe diferencia en la composición de especies entre los sitios de muestreo (ANOSIM R global de 0,105; $p=0,001$). (Fig.11).

La mayor diversidad de especies se encontró en la zona AR-RN 001 durante el mes de agosto ($H'=4,02$), en junio en la zona AR-RN 002 ($H'=3,40$) y en mayo en la zona AR-RN 004 ($H'=4,12$).

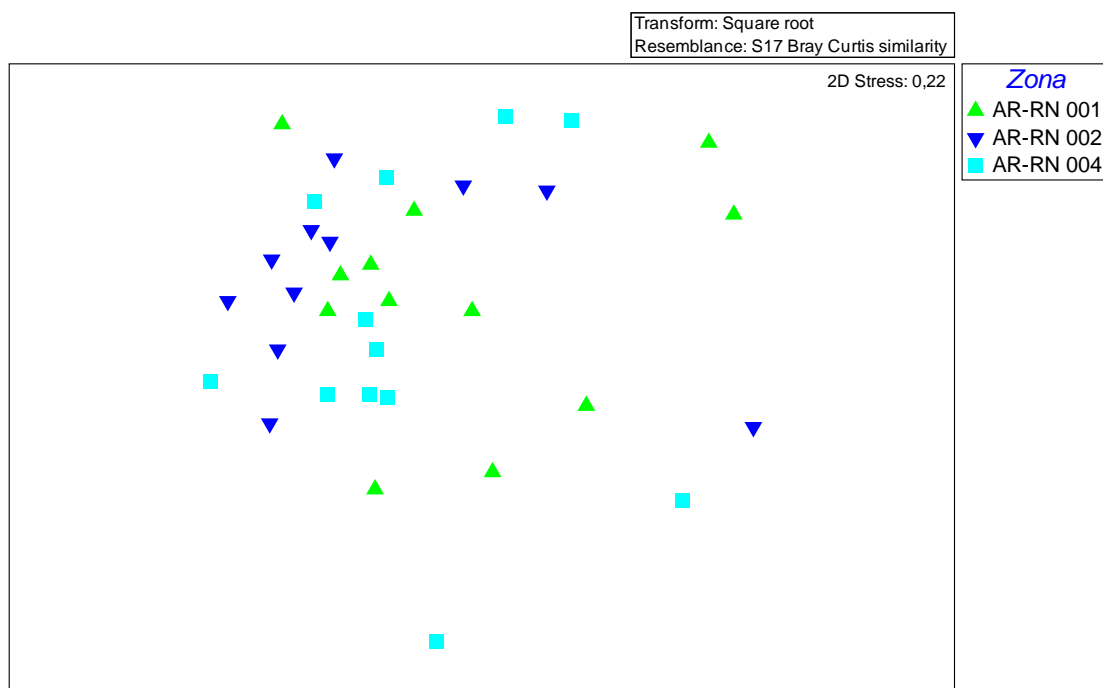


Fig. 11. Escalado multidimensional no métrico por sitios de muestreo.

4.7 Variación espacial y estacional de especies toxigénicas

Se observaron diferencias estacionales en la abundancia de especies y no se detectaron diferencias en la composición de especies tóxicas entre los tres sitios de muestreo (ANOSIM R global de 0,002; $p=0,001$). Se observaron diferencias en la abundancia de especies entre los sitios (Fig.12).

La especie *Alexandrium catenella*, productora de toxinas paralizantes, fue registrada a fines del invierno-principio de primavera, con densidades bajas en las tres zonas. Durante los meses de verano se detectó la presencia de los dinoflagelados productores de toxinas lipofílicas, *Prorocentrum lima* y *Dinophysis tripos*, en los tres sitios muestreados, siendo la más abundante *P. lima* en la zona AR-RN 004; *D. tripos* estuvo presente en invierno y primavera en bajas concentraciones, mientras que durante estos mismos meses predominaron altas concentraciones de las diatomeas productoras de toxina amnésica, *Pseudo-nitzschia pungens* y *P. australis*, siendo la más abundante *P.*

australis en la zona AR-RN 002. En la tabla 2 y en la figura 12 se presentan las mayores densidades de microalgas toxigénicas encontradas en los tres sitios a lo largo del año 2018.

Las mayores densidades de *P. australis* (Fig. 12 A) se detectan entre los meses de junio y octubre, siendo mayor en el mes de agosto en los tres sitios con un pico máximo de densidad de 7.781 cél L⁻¹ en la zona AR-RN 001 (Tabla 2).

La especie *P. pungens* estuvo presente entre los meses de junio y diciembre (Fig. 12 B), registrándose una densidad de 48.507 cél L⁻¹ en la zona AR-RN 002 durante el mes de noviembre (Tabla 2).

El dinoflagelado *D. tripos* estuvo presente todo el año (Fig. 12 B) pero con bajas densidades, presentando su mayor densidad en verano y otoño, con un pico máximo de 74 cél L⁻¹ en la zona AR-RN 002 (Tabla 2).

La especie *Prorocentrum lima* estuvo presente en verano y otoño (Fig. 12 C). La densidad fue significativamente mayor en la zona AR-RN 004 durante el verano, con un pico de 2440 cél L⁻¹ durante el mes de febrero (Tabla 2).

Tabla 2. Densidad máxima (cel. L⁻¹) de especies tóxicas por mes durante el año 2018 en las zonas AR-RN 001, AR-RN 002 y AR- RN 004

		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
<i>Pseudo-nitzschia australis</i>	AR-RN 001	0	0	0	0	0	584	143	7781	453	1605	0	0
	AR-RN 002	0	0	0	28	36	210	222	3348	710	1901	0	NA
	AR-RN 004	0	0	0	0	0	19	16	1196	390	387	0	0
<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	AR-RN 001	0	0	0	0	0	1352	1.092	1.840	342	0	0	5575
	AR-RN 002	0	0	0	0	0	0	0	2227	621	1730	48507	NA
	AR-RN 004	0	0	0	0	0	0	400	966	237	2407	0	0
<i>Alexandrium catenella</i>	AR-RN 001	0	0	0	0	0	0	4	13	83	0	0	0
	AR-RN 002	0	0	0	0	0	0	0	64	16	0	0	NA
	AR-RN 004	0	0	0	0	0	0	7	20	2	0	0	0
<i>Dinophysis tripos</i>	AR-RN 001	2	4	37	7	7	6	2	0	0	9	9	5
	AR-RN 002	4	43	63	74	45	26	4	1	7	1	21	NA
	AR-RN 004	10	12	35	9	21	7	2	1	0	2	1	0
<i>Prorocentrum lima</i>	AR-RN 001	7	7	25	2	0	0	0	0	0	0	0	3
	AR-RN 002	14	71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NA
	AR-RN 004	1603	2440	1536	422	73	0	9	0	0	0	0	0

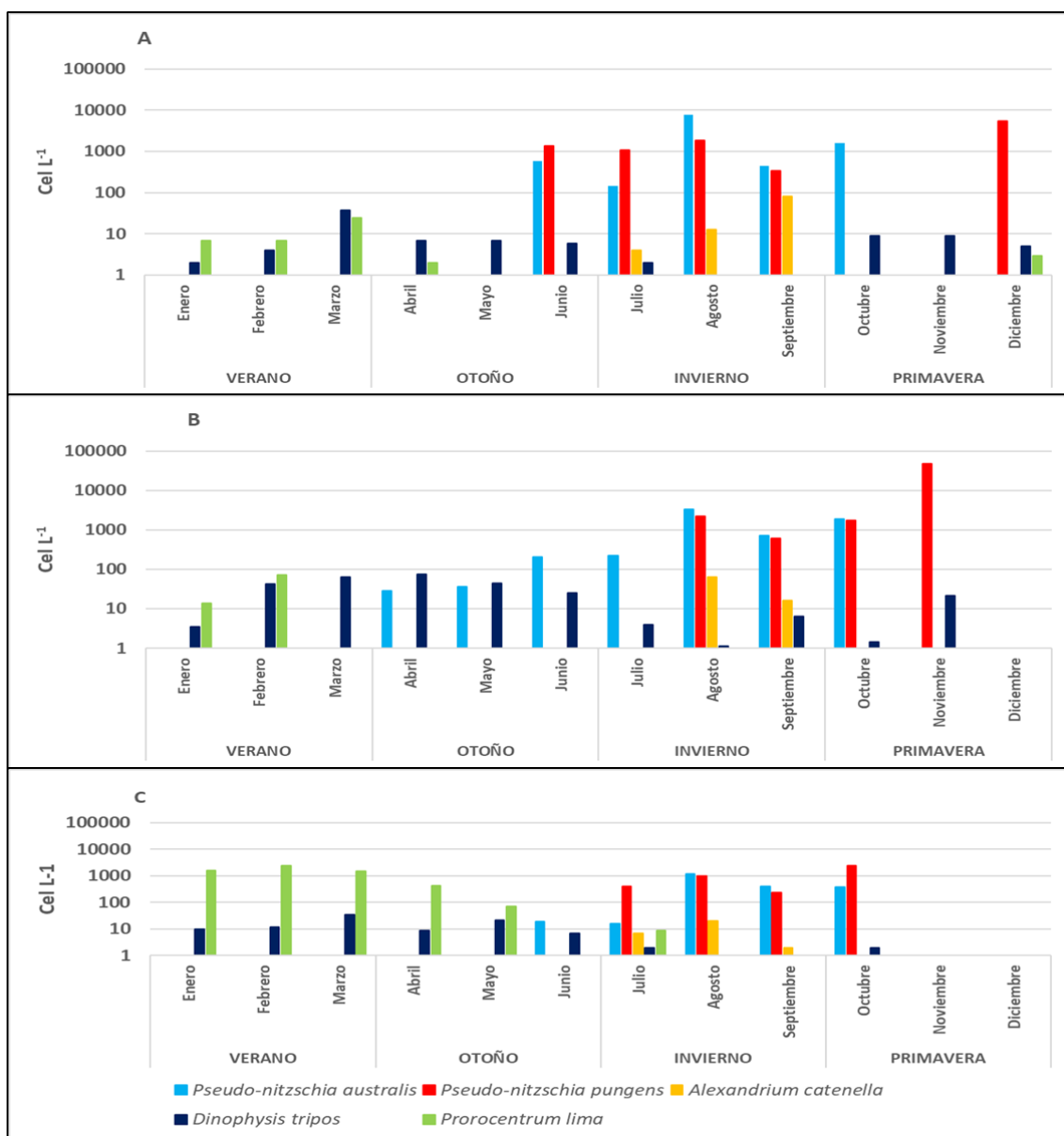


Fig. 12. Densidad celular mensual de especies toxigénicas durante el año 2018 A) en la zona AR-RN 001. B) en la zona AR-RN 002. C) en la zona AR-RN 004. (Escala logarítmica).

4.8 Presencia de microalgas toxigénicas y detección de toxina en carne de moluscos.

Durante el 2018 se detectó la presencia de Toxinas Lipofílicas en las tres zonas de producción de moluscos bivalvos, por lo que se establecieron vedas para su consumo, aunque no siempre coincidieron temporalmente (Tabla 3). Las especies asociadas a la

toxicidad de los moluscos fueron *Prorocentrum lima* y *Dinophysis tripos* en Playa Villarino y El buque, y *D. tripos* en Playa Orengo (Fig. 7).

Tabla 3. Extensión de periodos de vedas por toxina en las zonas de producción.

ZONA	FECHA DE INICIO DE VEDA	FECHA DE FINALIZACION DE VEDA	TOXINAS
ARRN 001	13/06/2018	26/06/2018	LIPOFILICA
ARRN 001	17/04/2018	25/04/2018	LIPOFILICA
ARRN 002	13/06/2018	12/07/2018	LIPOFILICA
ARRN 002	27/09/2018	24/11/2018	LIPOFILICA
ARRN 004	17/04/2018	18/04/2018	LIPOFILICA

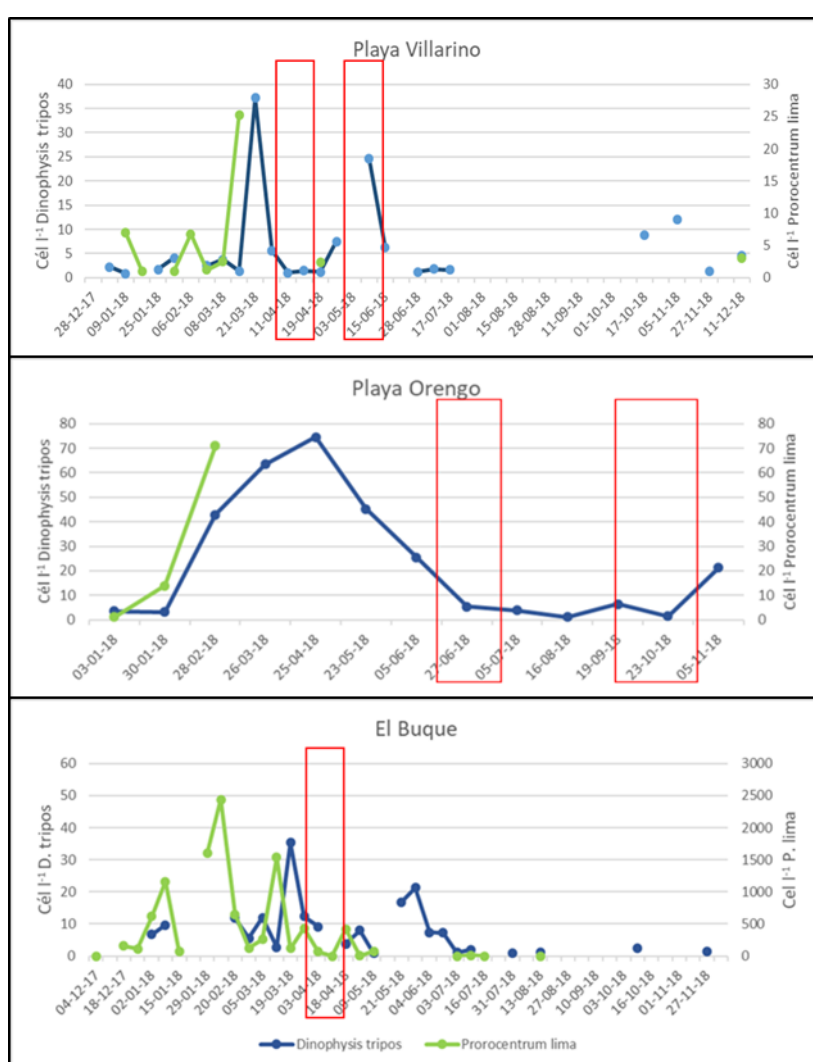


Fig.7. Distribución temporal de *Dinophysis tripos* y *Prorocentrum lima* en las zonas de producción y su relación con el periodo de veda en las zonas de producción.

□ Periodos de extensión de las vedas.

5. Discusión:

Los estudios publicados sobre fitoplancton al noroeste del golfo San Matías son escasos, entre ellos se encuentran los trabajos realizados dentro de la Bahía San Antonio por Sar (1996), Esteves *et al.* (1996), Petter *et al.* (2017) y más recientemente Saad *et al.* (2019).

Carreto *et al.* (1974) hace referencia a dos masas de agua, una al oeste y norte de golfo a la que denomina área I (aguas propias del golfo) y otra al extremo sudeste del golfo a la que denomina área II (aguas que ingresan desde plataforma). La composición fitoplanctónica descrita por estos autores en el Norte-Noroeste durante la primavera estuvo integrada principalmente por dinoflagelados y define a este área como de baja productividad. En este trabajo, durante la primavera se registró una mayor dominancia de diatomeas, al igual que en el trabajo de Sastre *et al.* (1997). Esteves *et al.* (1996) concluyeron que la zona correspondiente a playa Villarino, al norte del golfo San Matías, se encuentra enriquecida respecto del agua frente al balneario Las Grutas (al oeste). Este enriquecimiento proviene de la Bahía San Antonio que aporta un volumen de agua no despreciable con características físicas y químicas diferentes.

Sar *et al.* (2010) documentaron el primer hallazgo para el Mar Argentino de especies del género *Dinophysis* asociadas a Toxinas Lipofílicas en moluscos, en las costas de la provincia de Buenos Aires. El género de los dinoflagelados tecados *Dinophysis* presenta varias especies toxígenas. Según Reguera (2002) las especies de este género serían capaces de provocar niveles de toxinas en moluscos con bajas concentraciones celulares ($10^2 - 10^4$ cél L⁻¹). En el área de estudio, durante el monitoreo del 2018 se

detectó la presencia de Toxinas Lipofílicas con concentraciones menores a las descriptas por Reguera (2002).

Fabro *et al.* (2015) realizó un muestreo de fitoplancton cercano a la costa dentro del golfo San Matías durante marzo del 2013, observando abundancias elevadas de *Dinophysis tripos*, coincidiendo con la presencia de tres Pectenotoxinas (PTX-2, PTX-11 y PTX-2sa). Según los registros históricos del Programa de Monitoreo de Calidad Ambiental de Zonas de Producción de moluscos bivalvos (PMCAZP), para la provincia de Río Negro, en marzo de 2013 se implementó una veda por Toxinas Lipofílicas (Ballejos *et al.* 2017).

Durante el año 2015 se registraron abundancias altas de *D. tripos* en muestras colectadas en Puerto Lobos, al sur del golfo San Matías. Los bioensayos en ratón dieron positivo para Toxinas Lipofílicas en moluscos (TLM) principalmente en los meses australes de otoño e invierno y solo se registró un resultado positivo en primavera (Gracia Villalobos *et al.* 2015). Dichos autores registraron abundancias elevadas de *D. tripos* generalmente en proximidad temporal y espacial a muestras de mariscos que contenían TLM. El PMCAZP registró vedas por presencia de TLM entre febrero y abril del año 2015, y se detectó la presencia de *D. tripos* en muestras de red (Ballejos *et al.* 2017).

Prorocentrum lima es un dinoflagelado bentónico, identificado como productor de Toxinas Lipofílicas (Lee *et al.* 1989; Bravo *et al.* 2001), que está asociado con eventos de intoxicación por veneno diarreico de moluscos (VDM) en humanos. Gayoso y Ciocco (2001) reportaron el primer evento de intoxicación por TLM en Argentina, luego de un evento social realizado en Puerto Madryn (Chubut) en marzo del año 2001. Después del incidente se colectaron muestras de agua de mar y se analizó el contenido estomacal de cholgas (*Aulacomya atra*) asociando este evento con la presencia de *P. lima*. Esta misma

especie ha sido identificada como una epifita en las macroalgas (Gayoso *et al.* 2002; Lawrence *et al.* 2000). Gauna (2010) la encuentra como epifita en muestras del alga marrón *Dictyota dichotoma* colectada en el Balneario Las Grutas. Esto podría explicar la abundancia de *P.lima* encontrada en enero, febrero y marzo del 2018 en la zona AR-RN 004, la cual fue significativamente mayor en comparación con los otros dos sitios de muestreo.

Fabro *et al.* (2018) detectaron Toxinas Lipofílicas en el agua de mar, lo que podría explicar la detección de toxinas en carne de moluscos cuando las densidades de *D. tripos* y *P. lima* comienzan a disminuir.

Sunesen *et al.* (2009) identificaron dos especies de diatomeas toxigénicas, *Pseudo-nitzschia pungens* y *Pseudo-nitzschia australis*, coincidiendo con las encontradas en este trabajo de tesis. A pesar de que ambas especies aparecieron de manera abundante durante invierno y primavera, no superaron el rango de concentraciones celulares de $2 \cdot 10^5$ a 10^6 cél L⁻¹ dentro del cual se manifiesta la presencia de toxinas en los bivalvos (Reguera 2002). Sin embargo, Negri *et al.* (2004) detectaron ácido Domoico en muestras de fitoplancton, mejillones (*Mytilus edulis*) y anchoítas (*Engraulis anchoita*) con concentraciones de 1,3 a $2,8 \cdot 10^4$ cél L⁻¹ de *Pseudo-nitzschia australis* en una estación costera ubicada frente a Mar del Plata (38°28'S, 57°41'W). Sastre *et al.* (2007) detectaron ácido Domoico en fitoplancton colectado en estaciones costeras de Chubut, con presencia de *Pseudo-nitzschia fraudulenta* y *P. pungens* cuyas densidades no superaron el orden de 10^2 cél L⁻¹.

Recientemente, se detectaron altos niveles de ácido Domoico en las heces de la Ballena Franca Austral *Eubalaena australis* (Wilson *et al.* 2015; D'Agostino 2016),

proporcionando evidencia de que las Toxina Amnésica en Moluscos (TAM) es un riesgo no solo para humanos, sino también para fauna marina, única en la Patagonia Argentina.

La especie productora de Toxinas Paralizantes en Moluscos (TPM) dominante en el mar argentino es *Alexandrium catenella*, inicialmente descrita como *Gonyaulax excavata* (Braarud) Balech 1971, luego reidentificada como *Alexandrium tamarense* (Lebour) Balech 1995. Muy recientemente fue reconocida como *Alexandrium catenella* siguiendo estudios filogenéticos ribosomales (Krock *et al.* 2018).

Esta especie ha sido citada para el Mar Argentino hasta hace algunos años atrás como *A. tamarense* (Carreto *et al.* 1998; Santinelli *et al.* 2002; Akselman *et al.* 2008). Sin embargo, estudios moleculares han revelado que *A. fundyense* del este de los Estados Unidos de América (EEUU), *A. catenella* del oeste de los EEUU y del oeste de Sudamérica, y *A. tamarense* del oeste de Sudamérica, son todas la misma especie, el llamado complejo *A. tamarense* Grupo I (Lilly *et al.* 2007), más recientemente renombrado como *A. fundyense* (John *et al.* 2014). Después de una fuerte controversia, el nombre final adoptado para *A. tamarense* Grupo I fue *A. catenella* (Fraga *et al.* 2015), prioridad basada en la antigüedad (Prud'homme van Reine *et al.* 2017). Fabro y colaboradores (2017) confirmaron la presencia del ribotipo I del complejo *A. tamarense* en muestras obtenidas frente a Península Valdés, por lo que corresponde nombrarla como *A. catenella* (Litaker *et al.* 2018).

Según Montoya (2019), los fenómenos de Toxinas Paralizantes en Moluscos (TPM) ocurren generalmente en el periodo comprendido entre octubre y diciembre con el desenquistamiento de las formas de resistencia. Según Ballejos *et al.* (2017) históricamente el período de mayor frecuencia de detección de TPM en las zonas de

producción es entre agosto y enero, siendo septiembre, octubre y noviembre los meses de mayor ocurrencia. El último evento de importancia en el golfo San Matías tuvo lugar durante el año 2015, extendiéndose desde agosto hasta diciembre de ese año. Durante el monitoreo de fitoplancton del año 2018 sólo se detectó la presencia de *Alexandrium catenella* en bajas concentraciones durante el invierno y no se detectó toxina en carne de molusco.

En este estudio se registró la presencia de la rafdofícea *Chattonella* sp. no citada previamente para el golfo San Matías. *Chattonella* se registraron por primera vez en el hemisferio sur en muestras tomadas en Brasil y analizadas en el Curso Internacional de Microalgas Tóxicas en Copenhague (Odebrecht y Abreu 1995). La especie *Chattonella marina* fue citada por Subrahmanyam (1954) como causante de la mortandad masiva de peces y otros organismos marinos en las aguas frente a la costa de Malabar, India. Según Kahn *et al.* (1998) esta especie es uno de los flagelados más nocivos productores de mareas rojas, es la especie responsable de la mortandad masiva de jureles de cultivo en aguas costeras japonesas.

Si bien los efectos de la brevetoxina pueden ser graves, no se han atribuido directamente muertes humanas a la toxina (Brand *et al.* 2012).

6. Conclusiones:

- Existe variabilidad estacional en la composición de fitoplancton en general y del fitoplancton tóxico en particular.
- No se distingue una variación espacial en cuanto a la composición de especies.

- Se puede apreciar una relación entre los episodios de presencia de Toxinas Lipofílicas en moluscos y la presencia de microalgas toxigénicas, *Dinophysis tripos* y *Prorocentrum lima* en la columna de agua.
- No se registraron toxinas paralizantes ni toxinas amnésicas en moluscos durante el período de estudio.
- El monitoreo regular del fitoplancton permite alertar, en forma temprana, a las autoridades sanitarias y pesqueras y al sector marisquero sobre la potencial presencia de toxinas en los moluscos, ya que la presencia a bajas concentraciones de microalgas tóxicas en relación con la población fitoplanctónica total, es el primer indicador de un posible brote de toxicidad en los moluscos. De esta manera, los marisqueros podrán extraer el producto y almacenarlo antes de que adquiera niveles de toxinas superiores al límite legal.
- Asimismo, a partir del monitoreo regular de fitoplancton se pueden predecir los tiempos de detoxificación de los mariscos, estimando los mismos a partir del momento en que dejan de detectarse las especies nocivas.
- Conocer las especies de fitoplancton tóxico que están presentes en las Zonas de Producción del golfo San Matías, como así también sus abundancias relativas, es de utilidad para comprobar la producción de toxinas en las muestras de red, aun cuando no sean detectadas en los moluscos.
- La identificación previa de especies productoras de toxinas no conocidas o no registradas con anterioridad en la zona ayuda a explicar los posibles resultados inusuales de toxinas.
- El monitoreo regular del fitoplancton, acompañado de la determinación de parámetros ambientales, proporciona un mejor conocimiento general del ambiente

donde viven los moluscos y ayuda a predecir eventos de FANs y producción de ficotoxinas.

- El hallazgo de la microalga radoficea *Chatonella* sp. constituye la primera cita para el golfo San Matías. Es necesario realizar estudios más detallados para la determinación específica de estos organismos.

Como conclusión general del presente trabajo de tesis se recomienda continuar con el monitoreo de fitoplancton en las tres zonas de producción, e incorporar análisis de parámetros ambientales como salinidad y nutrientes. Asimismo, se recomienda implementar cultivos axénicos para un estudio más exhaustivo de las especies toxigénicas, para lo cual se requerirá de equipamiento específico como así también nuevas capacitaciones específicas al personal afectado a esta tarea.

7. Bibliografía:

- Akselman R, Reguera B and Lion M (2008)** HAB-MAPS of toxic marine microalgae in coastal and shelf waters of South America. In: Moestrup, Ø. G. Doucette, H. Enevoldsen, A. Godhe, G. Hallegraeff, B. Luckas, N. Lundholm, J. Lewis, K. Rengefors, K. Sellner, K. Steidiger, P. Tester y A. Zingone (eds) Proceedings of the 12th International Conference on Harmful Algae. ISSHA and IOC, UNESCO, Copenhagen: 243-245.
- Avaria S, Jorquera L, Muñoz P y Vera P (1999)** Distribución del microfitoplancton marino en la zona de aguas interiores comprendida entre el golfo de Penas y el estrecho de Magallanes, Chile, en la primavera de 1996 (Crucero Cimar 2 Fiordos). Cienc. Tecnol. Mar, 22: 81-110.
- Balech E (1971)** Microplankton de la campaña Oceanográfica Productividad III. Rev. Mus. Arg. Cs. Nat. "B. Rivadavia," Hidrobiología 3(1):1-202
- Balech E (1995)** The Genus *Alexandrium* Halim(Dinoflagellata). Sherkin Island, County Cork, Ireland, 151 pp.
- Ballejos G, Fernández V, Oehrens E, Acosta P, Kroeck M (2017)** Registros históricos de detección de biotoxinas fitoplanctónicas en las zonas de producción de la provincia de Río Negro. V Congreso Nacional de Biodiversidad.
- Band-Schmidt CJ, Bustillos-Guzmán JJ, López-Cortés DJ, Núñez-Vázquez E and Hernández-Sandoval FE (2011)** The actual state of the study of harmful algal blooms in Mexico. Hidrobiológica 21(3): 381-413.

- Bates S, Garrison D and Horner R (1998)** Bloom Dynamics and Physiology of Domoic-Acid-Producing *Pseudo-nitzschia* Species. Physiological ecology of harmful algal blooms, pp 267-292
- Brand LE, Campbell L, Bresnan E (2012)** *Karenia*: The biology and ecology of a toxic genus. Harmful Algae 14. pp 156–178.
- Bravo I, Fernandez ML, Ramilo I, Martinez A (2001)** Toxin composition of the toxic dinoflagellate *Prorocentrum lima* isolated from different locations along the Galician coast (NW Spain). Toxicon 39:1537-1545
- Carreto JI yVerona CA (1974)** Fitoplancton, pigmentos y condiciones ecológicas del golfo San Matías I. Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires 237, Inst. Biol. Mar. de Mar del Plata. Informe, pp 1–22
- Carreto JI, Verona CA, Casal AB y Laborde MA (1974)** Fitoplancton, pigmentos y condiciones ecológicas del golfo San Matías III. Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires 237, Inst. Biol. Mar. de Mar del Plata. Informe, pp 49–76.
- Carreto JI (1989)** Mareas Rojas. Ciencia Hoy 1: 73-82.
- Carreto JI, Montoya NG, Cucchi Colleoni AD and Akselman R (1998)** *Alexandrium tamarense* blooms and shellfish toxicity in the Argentine Sea: a retrospective view. In: Reguera, B., J. Blanco, M.L. Fernández y T. Wyatt (eds.) Harmful Microalgae, IOC, UNESCO: 131-134.
- Clarke K y Gorley R (2006)** PRIMER V6: User Manual/Tutorial. PRIMER-E, Plymouth, pp 1-192

- Clarke K y Warwick R (2001)** Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation. 2nd edition. PRIMER-E: Plymouth.
- D'Agostino VC (2016)** Dinámica planctónica y transferencia de biotoxinas marinas a la Ballena Franca Austral (*Eubalaena australis*) a través de su alimentación en los golfos Nuevo y San José, Península Valdés, Chubut. Tesis doctoral, Universidad Nacional del Sur
- Esteves JL, Solís M, Sastre V, Santinelli N, Gil M, Commendatore M y González C (1996)** Evaluación de la Contaminación Urbana de la Bahía de San Antonio (Provincia del Río Negro). Plan de Manejo Integrado de la Zona Costera Patagónica. Informe técnico 20
- Fabro E, Almandoz G, Ferrario ME, Hoffmeyer MS, Pettigrosso RE, Uibrig RA, Krock B (2015)** Co-occurrence of *Dinophysis tripos* and pectenotoxins in Argentinean shelf waters. Harmful Algae. 42: 25-33
- Fabro E, Almandoz G and Ferrario M. (2017)** Morphological, molecular and toxin analysis of field populations of *Alexandrium* genus from the Argentina. Journal of Phycology, 53:1206-1222.
- Fabro, E, Krock B, Torres AI, Papparazzo FE, Schloss IR, Ferreyra GA y Almandoz G (2018)** Toxigenic dinoflagellates and associated toxins in San Jorge Gulf, Argentina. Oceanography 31(4):145–153
- Field CB, Behrenfeld MJ, Randerson JT and Falkowski PG (1998)** Primary production of the biosphere: Integrating terrestrial and oceanic components. Science 281: 237-240.

- Fraga, S, Sampedro N, Larsen J, Moestrup Ø and Calado AJ (2015)** Arguments against the proposal 2302 by John y al to reject the name *Gonyaulax catenella* (*Alexandrium catenella*). *Taxon* 64 (3): 634–635.
- Gauna MC (2010)** Bioecología y relaciones interespecíficas en poblaciones de dos algas pardas del Atlántico Occidental Sur y Norte: *Dictyota dichotoma* y *Ascophyllum nodosum*. Tesis doctoral, Universidad Nacional del Sur, pp 1-137
- Gayoso and Ciocco (2001)** Observations on *Prorocentrum lima* of North-Patagonian coastal waters (Argentina) associated with a diarrhoeic disease episode. *Harmful Algae News*, IOC, UNESCO, 22:4
- Gayoso AM, Dover S, Morton S, Busman M, Moller P, Fulco VK, Maranda L (2002)** Diarrhetic Shellfish Poisoning Associated With *Prorocentrum lima* (Dinophyceae) in Patagonian Gulfs (Argentina) *J. Shellfish Res.* 21: 461–463.
- Gracia Villalobos L, Santinelli N, Sastre VA, Krock B and Esteves JL (2015)** Dinophysis Species Associated with Diarrhetic Shellfish Poisoning Episodes in North Patagonian Gulfs (Chubut, Argentina). *Journal of Shellfish Research*, 34(3):1141-1149
- Guiry MD and Guiry GM (2019)** AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>
- Hallegraeff GM (1993)** A review of harmful algal blooms and their apparent global increase. *Phycologia* 32 (2), 79-99

- Hallegraeff, GM (2003)** Harmful Algal Blooms: A Global Overview. Manual on Harmful Marine Microalgae. Monographs on Oceanographic Methodology, 2nd Edition, IOC-UNE-SCO, Paris, pp 25-49
- Hasle GR and Syvertsen EE (1997) Marine Diatoms. In: Tomas CR (Ed.)** Identifying marine phytoplankton. Academic Press. San Diego. Chapter 2: 5-385.
- Hasle GR (2002)** Are most of the domoic-acid producing species of the diatom genus *Pseudo-nitzschia* cosmopolites?. Harmful Algae 1: 137-146.
- Inostroza I, Aguilera A y Gomez P (2010)** Catálogo Fotográfico de especies de fitoplancton marino de la Región de Los Lagos y Región de Aysén. Sur de Chile. Programa COPAS Sur-Austral (PFB-31/2007), Universidad de Concepción, pp 1-120
- Inostroza I, Aguilera A y Gomez P (2016)** Catálogo Fotográfico de especies de fitoplancton marino de la Región de Los Lagos y Región de Aysén. Sur de Chile. COPAS Sur-Austral (PFB-31), Universidad de Concepción, pp 1-84
- John U, Litaker RW, Montresor M, Murray S, Brosnahan ML and Anderson DM (2014)** Formal revision of the *Alexandrium tamarense* species complex (Dinophyceae) taxonomy: The introduction of five species with emphasis on molecular-based (rDNA) classification. Protist 165: 779–804.
- Kahn S, Arakawa O and Onoue Y (1998)** Physiological investigations of a neurotoxin producing phytoflagellate, *Chattonella marina* (Raphidophyceae). Aquaculture Research 29: 9–17

- Karlson B, Cusack C, Bresnan E (2010)** Introduction to methods for quantitative phytoplankton analysis. *Microscopic and Molecular Methods for Quantitative Phytoplankton Analysis* 55: 5-12
- Krock B, Ferrario ME, Akselman R and Montoya NG (2018)** Occurrence of marine biotoxins and shellfish poisoning events and their causative organisms in Argentine marine waters. *Oceanography* 31(4)
- Lawrence JE, Grant J, Quilliam MA, Bauder AG, Cembella AD (2000)** Colonization and growth of the toxic dinoflagellate *Prorocentrum lima* and associated fouling macroalgae on mussels in suspended culture. *201*: 147–154
- Lee J-S, Igarashi T, Fraga S, Dahl, E, Hovgaard, Yasumoto, T (1989)** Determination of diarrhetic shellfish toxins in various dinoflagellates species. *J. Appl. Phycol.* 1: 147-152.
- Lilly EL, Halanaych KM and Anderson DM (2007)** Specie boundaries and global biogeography of the *Alexandrium tamarense* complex (Dinophyceae). *J Phycol* 43:1329–1338.
- Lindahl O (1986)** A dividable hose for phytoplankton sampling. In Report of de Working Group on phytoplankton and management of their effects. International Council for the Exploratio of the Sea, C.M. 1986/L: 26 annex 3
- Litaker RW, Fraga S, Motresor M, Brosnahan M, Anderson DM, Hopperath M (2018)** A practical guide to new nomenclature for species within the “*Alexandrium tamarense* species complex”. *Harmful Algae News, IOC, UNESCO* 61: 13-15.

- López-Cortés D, Band-Schmidt C, Gárate-Lizárraga I, Bustillos-Guzmán J, Hernández-Sandoval F y Núñez-Vázquez E (2011)** Co-ocurrencia de *Chattonella marina* y *Gymnodinium catenatum* en la Bahía de La Paz, Golfo de California (primavera 2009). *Hidrobiológica* 21(2): 185-196.
- Losada A, Acosta P, Petter MC, Fernández V (2018)** Presencia del Dinoflagelado Toxigénico *Prorocentrum lima* en Zonas de Producción de Moluscos en el Golfo San Matías, Río Negro, Argentina. V Congreso Nacional de Biodiversidad.
- Medina D, Inocente G, Lopez C (1993)** PSP in Bivalve Molluscs along the Uruguayan Coast. In: Smayda, T J and Shimizu Y. Toxic phytoplankton blooms in the sea. Elsevier, Amsterdam: 425-428.
- Moestrup Ø (2002)** Fitoflagelados potencialmente tóxicos en el Cono Sur Americano. Floraciones Algales Nocivas en el Cono Sur Americano. Instituto Español de Oceanografía, Madrid. España, pp. 155-166
- Montoya NG (2019)** Toxinas Paralizantes de Moluscos en el Mar Argentino: Impacto, Transferencia Trófica y Perspectiva. *Marine and Fishery Sciences* 32 (1): 47-67
- Moreira D, Simionato CG, Dragani WC and Nuñez MN (2009)** Tidal and Residual Currents Observations at the San Matías and San José Gulfs, Northern Patagonia, Argentina. *Journal of Coastal Research* 254:957-968
- Muciño-Márquez RE, Gárate-Lizárraga I y López-Cortés DJ (2015).** Variación estacional del género *Prorocentrum* (Dinophyceae) en dos granjas atuneras en la Bahía de La Paz, México. *Acta biol. Colomb*;20(1):195-206.

- Müller-Melchers FC y Ferrando H (1956)** Técnica Para El Estudio De Las Diatomeas. (7) 151-160.
- Negri RM, Montoya NG, CarretonJI, Akselman R y Inza D (2004)** *Pseudo-nitzschia australis*, *Mytilus edulis*, *Engraulis anchoita*, and domoic acid in the Argentine Sea. Harmful and Toxic Algal Blooms. IOC of UNESCO: 139–141
- Odebrecht C and Abreu PC (1995)** Raphidophycean in southern Brazil. Harmful Algae News. IOC Newsletter. 12/13: 4.
- Palazzeci y Arizaga (1994)** Programa provincial de prevención y control permanente de la intoxicación paralítica de moluscos. Centro de Biología y Toxicología Aplicada. Informe técnico, pp 1-9
- Petter MC, Acosta P, Mortensen M, Kroeck M y Fernandez V (2017)** Composición de fitoplancton, su variación estacional y presencia de organismos productores de floraciones algales nocivas. V Congreso Nacional de Biodiversidad.
- Prud'homme VR and Willem F (2017)** Report of the Nomenclature Committee for Algae: 15. Taxon 66:192-192.
- Reguera B (2002)** Establecimiento de un Programa de Seguimiento de Microalgas Tóxicas. Floraciones Algales Nocivas en el Cono Sur Americano, Instituto Español de Oceanografía: 21-52
- Reguera B, Alonso R, Moreira A y Méndez S (2011)** Guía para el diseño y puesta en marcha de un plan de seguimiento de microalgas productoras de toxinas. COI de UNESCO y OIEA, Paris y Viena 2011. Manuales y Guías de la COI, 59

- Saad J, Narvarte M, Abrameto M and Alder V (2019)** Drivers of nano-and microplanktonic community structure in a Patagonian tidal flat ecosystem. *Plankton Res.* 00(00): 1–19.
- Santinelli N, Sastre V, Esteves JL (2002)** Estudios de Algas Nocivas en la Patagonia Floraciones Algales Nocivas en el Cono Sur Americano, Instituto Español de Oceanografía: 199-208
- Sar E (1996)** Flora diatomológica de Bahía San Antonio (Prov. de Río Negro, Argentina) O. Centrales I, *Revista del Museo de La Plata* 14: 365-399
- Sar EA (1996)** Flora diatomológica de Bahía San Antonio (Prov. de Río Negro, Argentina) O. Pennales I, *Revista del Museo de La Plata* 14: 398-432
- Sar EA, Sunesen I, Lavigne1 AS, Goya AB (2010)** Dinophysis spp. asociadas a detección de toxinas diarreicas (DSTs) en moluscos y a intoxicación diarreica en humanos (Provincia de Buenos Aires, Argentina). *Revista de Biología Marina y Oceanografía* Vol. 45, N°3: 451-460.
- Sastre AV, Santinelli NH y Esteves JL (1997)** Fitoplancton del golfo San Matías de tres campañas de muestreo (noviembre 1992, septiembre 1993 y marzo 1994). *Physis* 53 (124-125): 7-12
- Sastre AV, Santinelli N, Marino G, Solis M, Pujato L and Ferrario M (2007)** First Domoic Acid detection produced by *pseudo-nitzschia* species, Chubut coastal waters, Patagonia, Argentina. *Harmful Algae News, IOC, UNESCO* 34:12-14.
- Steidinger KA (1997)** Dinoflagellates. In: Tomas CR (ed.), *Identifying Marine Phytoplankton*. Academic Press. San Diego. 387-584

Suárez B, López A, Hernández C, Clement A., y L. Guzmán (2002) Impacto económico de las floraciones de microalgas nocivas en Chile y datos recientes sobre la ocurrencia de veneno amnésico de los Mariscos. Floraciones Algales Nocivas en el Cono Sur Americano, Sar E., M. Ferrario y B. Reguera (eds). Instituto Español de Oceanografía.

Subrahmanyam R (1954) On the life-history and ecology of *Hornellia marina* gen. et sp. nov., (Chloromonadineae), causing green discoloration of the sea and mortality among marine organisms off the Malabar coast. *Indian Journal of Fisheries* 1:182-203

Sunesen I, Bárcena A y Sar EA (2009) Diatomeas potencialmente nocivas del Golfo San Matías (Argentina). *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 44(1): 67-88

Thronsdon, J (1997) The planktonic marine flagellates. In Tomas, C. (ed.), *Identifying Marine Phytoplankton*. Academic Press, Harcourt Brace, San Diego, California: 591–729.

Tomas CR (1997) *Identifying marine phytoplankton*. Academic Press, San Diego, California..

Verona CA, Carreto JI e Hinojal A (1974) Fitoplancton, pigmentos y condiciones ecológicas del golfo San Matías II. Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires 237, Inst. Biol. Mar. de Mar del Plata. Informe, pp 23–48.

Williams GN (2011) Caracterización ambiental del Golfo San Matías mediante sensores remotos y parámetros oceanográficos. Relación con la distribución y abundancia

de los recursos biológicos de interés pesquero. Universidad Nacional del Comahue, Bariloche.

Wilson CA, Sastre V, Hoffmeyer M, Rowntree JV, Fire SE, Santinelli N (2015)

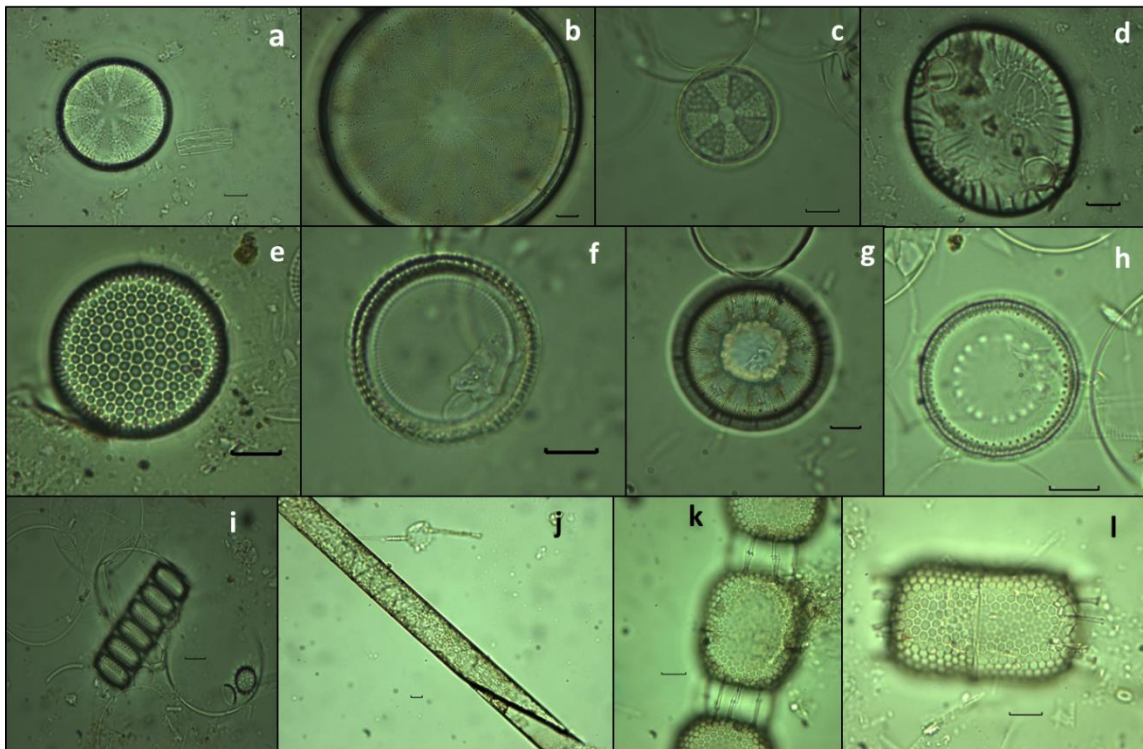
Southern right whale (*Eubalaena australis*) calf mortality at Península Valdés, Argentina: Are harmful algal blooms to blame?. *Marine Mammal Science* 32(2), 423-451.

SILICOFLAGELADOS	AR-RN 001												AR-RN 002												AR-RN 004											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
<i>Dictyocha fibula</i>																																				
<i>Octactis speculum</i>																																				

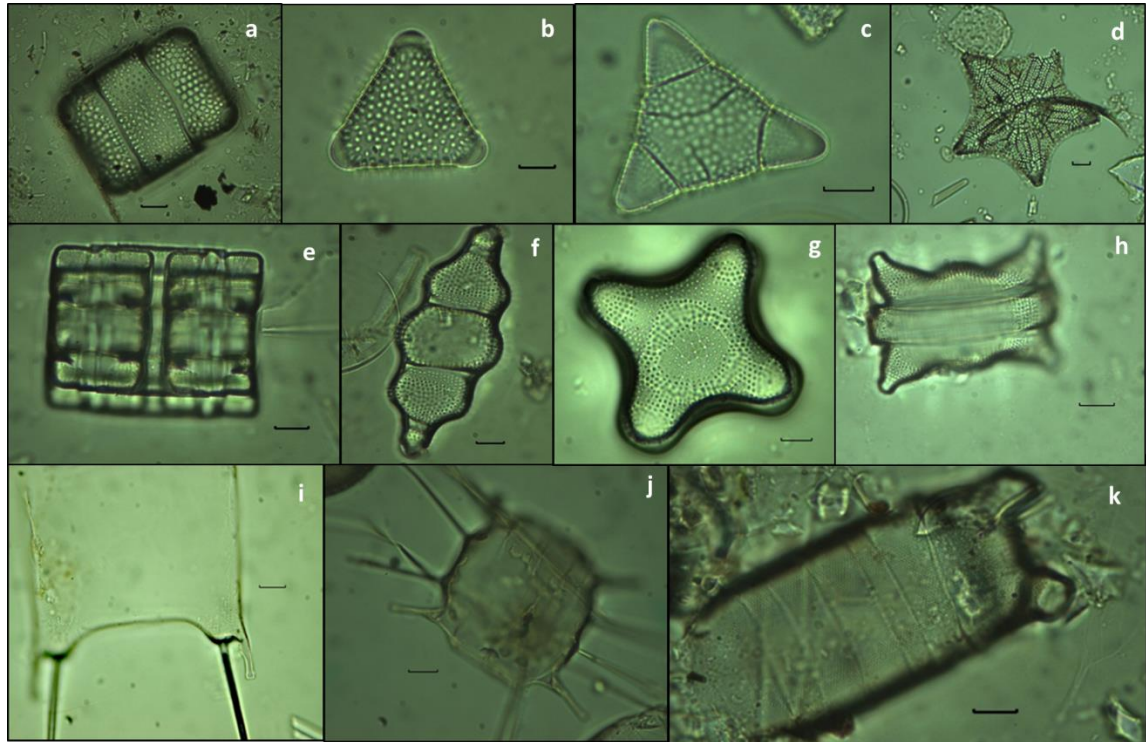
RAFIDOFICEAS	AR-RN 001												AR-RN 002												AR-RN 004											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
<i>Chattonella sp.</i>																																				

ANEXO II: Fotografías

CENTRALES

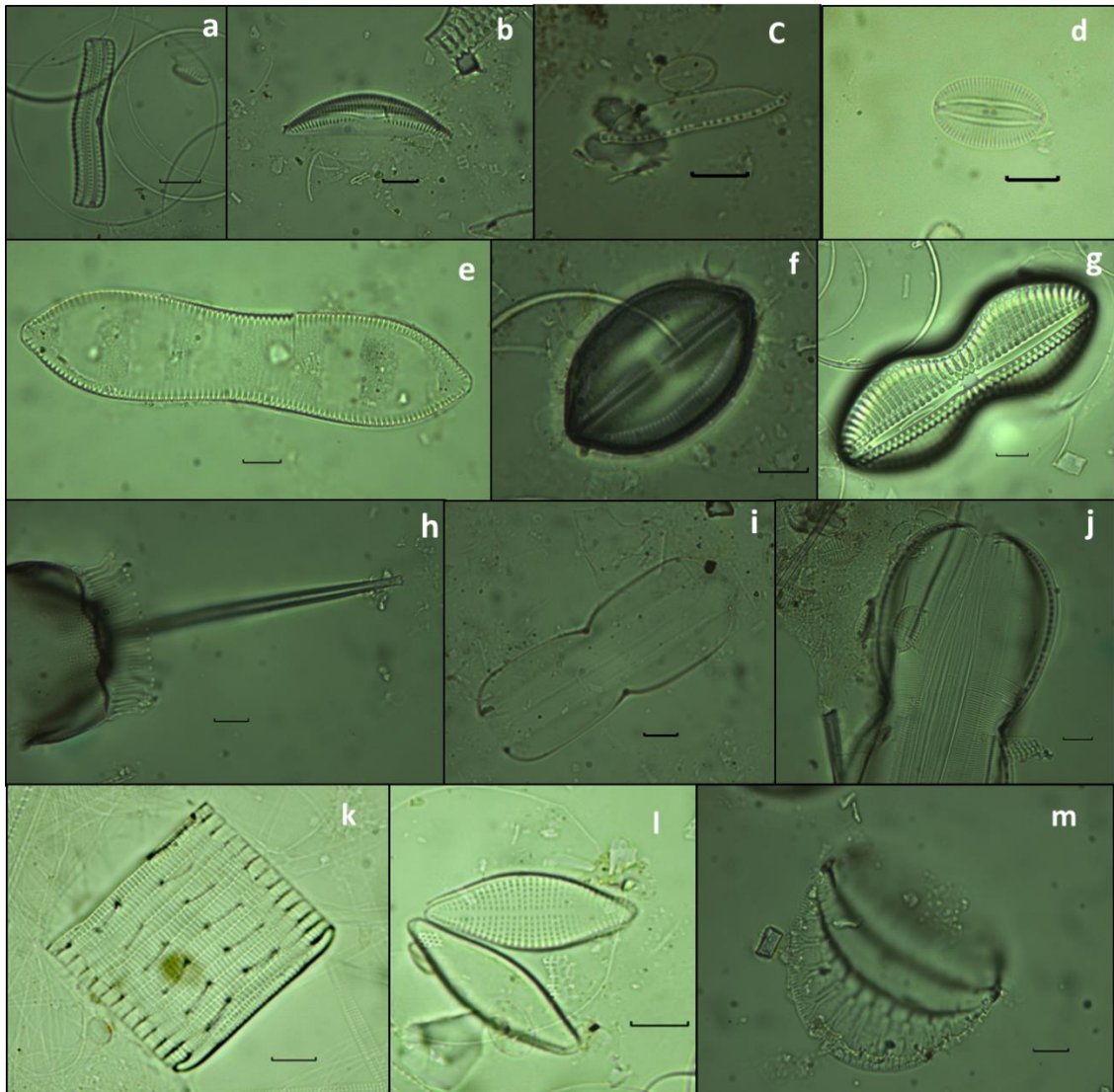


- a) *Actinoptychus splendens* b) *Actinoptychus* sp. c) *Actinoptychus vulgaris*. d) *Auliscus* sp.
e) *Coscinodiscus* sp. f) *Cyclotella* sp. g) *Podosira stelliger*. h) *Paralia sulcata* vista valvar
i) *paralia sulcata* vista conectival j) *Rhizosolenia styliformis* k-l) *Eupyxidicula turris*

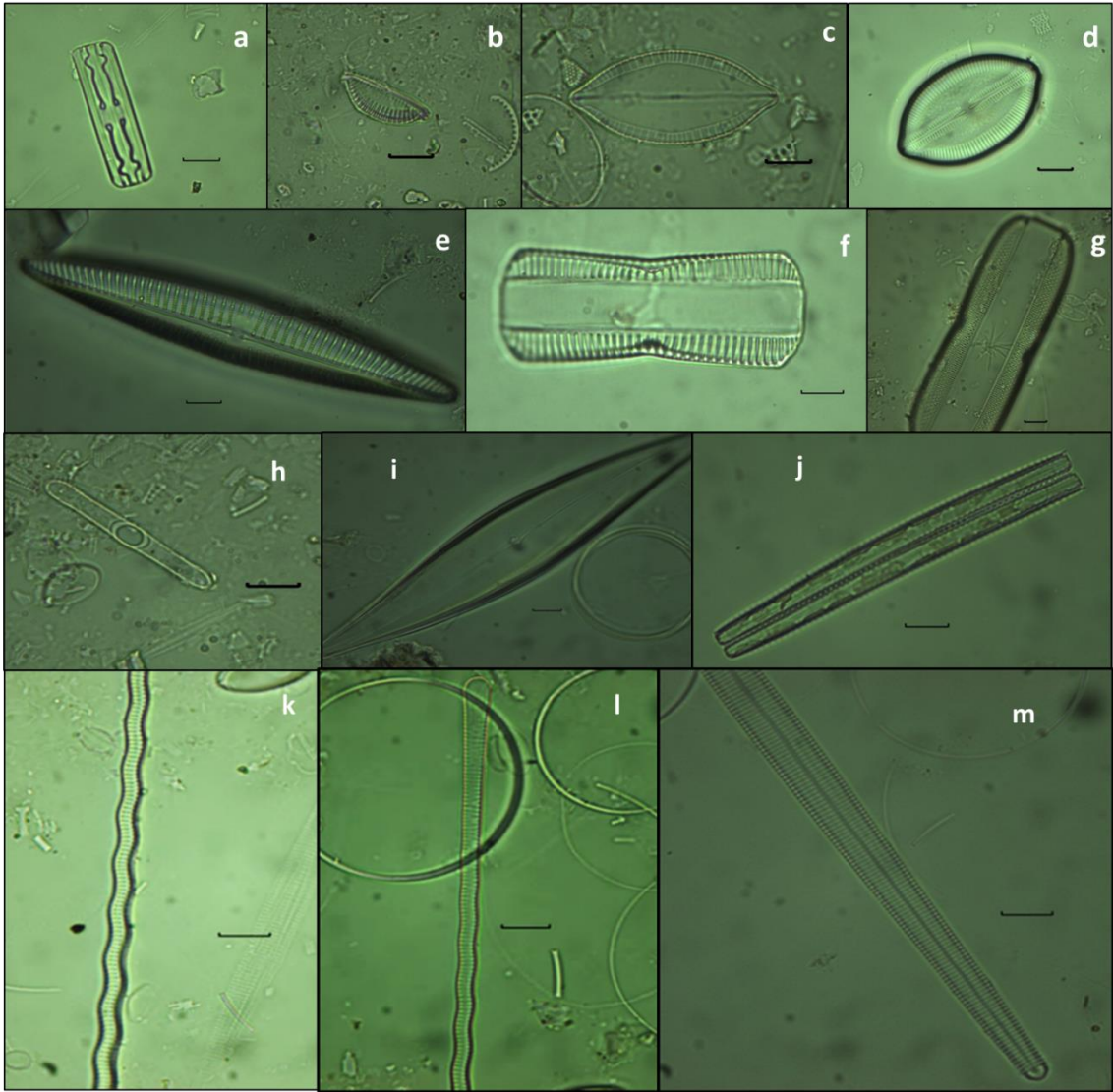


a) *Amphitetras antediluviana* **b)** *Triceratium favus* **c)** *Biddulphia alternans* **d)** *Amphipentas pentacrinus* **e)** *Terpsinoe* sp.vista conectival **f)** *Terpsinoe* sp.vista valvar **g)** *Amphitetras antediluviana* **h)** *Odontella aurita* **i)** *Odontella sinensis* **j)** *Odontella mobiliensis* **k)** *Odontella* sp.
Escala 10 μ m

PENNALES



a) *Achnanthes* sp. **b)** *Amphora* sp. **c)** *Nitzschia parvula* **d)** *Cocconeis* sp. **e)** *Cymatopleura* sp. **f)** *Navicula* sp. **g)** *Diploneis cabro* **h)** *Ditylum* sp. **i)** *Donkinia carinata* **j)** *Entomoneis* sp. **k)** *Rhabdonema* sp. **l)** *Rhaphoneis amphiceros* **m)** *Campilodiscus* sp. Escala: 10 μm



a) *Grammatophora marina* **b)** *Halamphora* sp. **c)** *Mastogloia amoena* **d)** *Lyrella clavata* **e)** *Navicula cancellata* vista valvar **f)** *Navicula cancellata* vista conectival **g)** *Navicula* sp **h)** *Pinnularia* sp. **i)** *Pleurosigma* sp. **j)** *Thalassionema* sp **k-l)** *Synedra undulata* **m)** *Synedra* sp. Escala 10µm

DINOFLAGELADOS Y SILICOFLAGELADOS



Dinoflagelados: a) *Tripos furca* b-c) *Tripos fusus* d) *Tripos longipes* e) *Tripos muelleri*
f) *Metaphalacroma skogsbergii*. **Silicoflagelados:** g) *Dictyocha fibula* h) *Octactis speculu*. Escala 10 μ m