

PROYECTO VALENTINES

-Minera Aratirí-

Extracción y Beneficiamiento de Mineral de Hierro, Mineroducto y
Terminal Portuaria

Solicitud de Autorización Ambiental Previa

ANEXO K - ELB-MARINO

K.6 - ELB-Fitoplancton Marino



Número de Revisión A

LABORATORIO TECNOLÓGICO DEL URUGUAY

INFORME DE CONSULTORÍA Nº 1186240/MAM

EVALUACION DE COMUNIDAD DE FITOPLANCTON MARINO

Proyecto Valentines

Estudio de Línea Base Marina Informe para el Componente Fitoplancton

Marzo 2011

Lista de Contenido

1	Resumen	1
2	Introducción	2
2.1	Objetivo General	2
2.2	Objetivos Específicos	2
3	Metodología	3
3.1	Análisis de fitoplancton	3
3.2	Análisis de Datos	3
3.3	Colección de Información Regional	4
4	Resultados	6
4.1	Riqueza de Especies	6
4.2	Abundancia/Densidad & Diversidad	9
4.4	Ecología	11
4.5	Especies Importantes/Sensibles	13
4.6	Patrones en la zonación de la comunidad fitoplanctónica	14
4.7	Análisis comparativo entre las áreas: A = control norte; B = Área de Puerto y C = Control sur.	15
4.8	Relación con variables ambientales	15
4.9	Análisis Regional	16
4.10	Conclusiones	17
5	Bibliografía	18

Tablas

Tabla 4.1	Indices de diversidad de fitoplancton: Riqueza de Margalef, diversidad de Shannon-Wiever, Equitatividad y Simpson en los sitios de muestreo marino.	6
Tabla 4.2	Riqueza de Especies según las clases taxonómicas de fitoplancton en el área de estudio. CYANO Cyanophyceae, DIATO Diatomeas, DINO Dinoflagelados, DICTY Dictyochophceae, PRIM Primnesiophyceae y otros (Ebriophyceae, Euglenophyceae, Prasinophyceae y Synurophyceae).	8
Tabla 4.3	Abundancia Relativa de las especies de fitoplancton (< al 20 %) observadas en superficie en el Área de Estudio.	10

Tabla 4.4 Abundancia Relativa de Especies de fitoplancton (< al 20 %) observadas en el fondo en el Área de Estudio.	11
Tabla 4.5 Abundancia (cel/L) de especies potencialmente tóxicas en el área de estudio.	14

Figuras

- Figura 4.1 Densidad de los grupos de fitoplancton en A) superficie y B) en fondo. El grupo otros incluye Cyanophyceae, Dictyochophceae, Euglenophyceae, Prasinophyceae, Primmnesiophyceae Ebriophyceae y Synurophyceae**
- Figura 4.2 Dendograma de agrupamiento basado en la matriz de similaridad de Bray-Curtis con la abundancia de especies de la comunidad fitoplanctónica. 15**
- Figura 4.3 Análisis de componentes principales ACP de las variables ambientales mostrando la ordenación con los sitios en el área de estudio. 16**

Anexos

Anexo A Abundancia de Especies por Unidad Muestreal

1 Resumen

En este estudio se presenta los resultados sobre la composición, distribución, abundancia y riqueza de especies del microplancton (~15-300 μm) de las muestras obtenidas en una campaña del verano de 2011 en la zona costera uruguaya del Océano Atlántico ubicado en la zona de Playa la Esmeralda-Rocha. Se tomaron muestras de fitoplancton cuantitativas con lugol y cualitativas con formaldehído a nivel de superficie y fondo en cuatro áreas definidas a priori: Punta Palmar, Playa Esmeralda, zona de terminal de exportación. Las especies identificadas fueron marinas euroicas de hábitat templados. La máxima abundancia fue en el sitio 20 en la zona mas externa del área de deposición alcanzando las 950000 cel/L. En las muestras de superficie se encontró dominancia de dinoflagelados *Scrippsiella trochoidea* con 315100 cel/L y *Prorocentrum gracile* 213900 cel/L y *Gymnodinium catenatum* con 105800 cel/L, mientras que en el fondo dominaron las diatomeas. Si bien no se observaron diferencias significativas entre las área si las hubo entre los sitios de superficie y fondo en la estructura comunitaria. Los parámetros que más influyeron en la distribución de la comunidad de fitoplancton fueron la temperatura, los sólidos suspendidos y disueltos totales y el oxígeno. La riqueza de especie en general fue similar a otros estudios, en promedio fue de 1.76 bit/ind, las especies estuvieron balanceadas en la comunidad (equitatividad promedio=0.7), por lo que el índice de dominancia fue en promedio bajo ($\lambda= 0.15$). Como impactos potenciales en el fitoplancton tenemos que puede favorece la aparición de especies tóxicas al resuspender los sedimentos y favoreciendo así la formación de floraciones algales nocivas. Al aumentar el tráfico naviero se favorece el transporte de gran cantidad de quistes de dinoflagelados tóxicos en las aguas de lastre.

2 Introducción

El fitoplancton reúne a los microorganismos unicelulares, tanto procariontes como eucariotas que se justifican por la importancia como productores primarios en los sistemas acuáticos por contener clorofila (Sieburth & Smetacek 1978). Los organismos fitoplanctonales se caracterizan por presentar diferentes características fisiológicas como una alta tasa de crecimiento y reproducción, y debido a que presentan ciclos de vida cortos, tienen rápida respuesta a los factores ambientales (tanto naturales o de origen antrópico), por lo que se les consideran buenos indicadores biológicos (Balech 1977, Uribe 1985, Kramer 1994, EPA 2011). El uso de especies fitoplanctónicas como indicador del origen de masas de agua ha sido evaluado en sistemas costeros, estuarinos y oceánicos.

Otra importancia del fitoplancton marino radica en que existen algunas especies productoras de toxinas que pueden ser transferibles al ser humano a través de la ingesta de moluscos bivalvos. Las floraciones algales nocivas (FAN) afectan la salud humana, la economía pesquera, el turismo y los ecosistemas acuáticos. Los efectos en la salud pública pueden ser de leves a graves produciendo la muerte en cuestión de horas según la especie tóxica que haya florecido (Hallegraeff et al. 2004).

2.1 Objetivo General

Caracterización de la comunidad fitoplanctónica para la evaluación de la calidad de agua ante futuros emprendimientos en la zona de la Playa de la Esmeralda.

2.2 Objetivos Específicos

- Analizar la composición y abundancia de especies de fitoplancton
- Comparar las áreas de playa, terminal de exportación, Punta Palmar y deposición mediante su abundancia relativa
- Estimar los atributos de las comunidades fitoplanctónicas (riqueza, equitatividad, diversidad de Shannon y Simpson) en cada punto de muestreo.
- Determinar asociaciones entre los datos biológicos y las variables ambientales.

3 Metodología

3.1 Análisis de fitoplancton

Las determinaciones taxonómicas fueron llevadas a cabo con un microscopio óptico común Olympus CK41 con micrómetro ocular, equipado con máquina fotográfica Infinity Lite, usando 1000X de magnificación. Para la identificación de las diatomeas se realizó la técnica de oxidación de acuerdo a Hasle & Fryxell (1970) y para los dinoflagelados se realizaron las desarticulaciones de placas con hipoclorito de sodio y se tiñeron luego con solución de lugol (Taylor 1978). La comunidad de fitoplancton fue identificada al más bajo nivel taxonómico posible usando como referencia los trabajos de Cupp 1943, Balech *et al.* 1984, Burone 1984, Sournia 1986, Balech 1988, 1995, Rivera & Gebauer 1989, Round *et al.* 1990, Tomas 1995, Komárek 1996, Hasle *et al.* 1996, Komárek & Anagnostidis 1998, 2005, Wehr & Sheath 2003, Javornický 2003, Menezes & Novarino 2003.

El recuento de los organismos se efectuó según el método de Utermöhl (1958), en microscopio invertido Olympus CKX 41, usando magnificaciones de 200 y 400X (Sournia 1978). Las cámaras de sedimentación utilizadas fueron de 10 y 25 ml de acuerdo a la concentración de organismos. Para la cuantificación en células por litro se contaron como mínimo 100 células de las especies más abundantes, de modo que el intervalo de confianza fuese de 95% con un error de recuento inferior a 20% (Lund *et al.* 1958).

3.2 Análisis de Datos

Para determinar patrones en la zonación de la comunidad fitoplanctónica se utilizó como métodos el análisis de agrupamiento al análisis de cluster. La matriz fue transformada logarítmicamente $\text{Log}(x+1)$ y con el índice de similitud Bray-Curtis se construyó la matriz de similitud. Para la construcción del dendograma se utilizó el método de unión promedio (UPGMA). Se realizaron análisis no paramétricos de varianza (ANOSIM) para evaluar diferencias espaciales entre las áreas (control norte, área de exportación y control sur) y la profundidad (superficie y fondo).

La forma de la curva de densidad (en escala logarítmica) frente a las especies (orden en rango decreciente) se relacionan de diferente forma dependiendo de la manera que las especies reparten los recursos (Terradas 2001). Se realizaron las curvas de dominancia de especies descritas por Whittaker (1965) y Magurran (2004) para cada área. Para ello se ordenó las especies en orden decreciente de densidad de aquellas especies con una abundancia relativa mayor al 20%.

Se realizó un análisis de componentes principales con las variables ambientales, los datos fueron normalizados y las variables consideradas para estos análisis fueron: salinidad, temperatura, pH, turbiedad, sólidos suspendidos totales, sólidos suspendidos totales, sólidos suspendidos fijos, nitratos, fósforo total, DBO (como O₂), ortofosfato, silicato y profundidad del disco de Secchi (m).

Las asociaciones entre los datos biológicos y las variables ambientales se realizaron mediante un análisis BIO-ENV (Biotic Environment, Clarke & Warwick 2001), el cual busca la relación entre los datos

ambientales y biológicos a través del coeficiente de correlación de Spearman. Para ellos se utilizó la matriz de fitoplancton con aquellas especies que presentaron una abundancia relativa mayor al 20%.

Los índices de diversidad fueron usados como medida de los atributos de una comunidad: Shannon & Winer H' (Shannon & Weaver 1949), el de Equitatividad (E) (Pielou 1977), Simpson (1- λ) y el de riqueza específica (Margalef 1958), usando la rutina DIVERSE del PRIMER.

Todos los análisis fueron realizados utilizando los programas estadísticos PRIMER v.6 (Clarke & Gorley 2006).

3.3 Colección de Información Regional

Los primeros estudios taxonómicos de la comunidad de fitoplancton en aguas uruguayas datan de 1932, basados en muestras colectadas por la expedición del buque de investigación R/V Meteor (Hentschel 1932). Desde entonces, numerosos trabajos han sido dedicados a la descripción de los dinoflagelados, diatomeas y silicoflagelados de la zona de estudio, constituyendo un acervo básico que permite encarar el estudio de la composición de las comunidades (e.g. Carbonell & Pascual 1925; Balech 1949, 1951, 1954, 1959, 1964, 1971, 1976a, 1976b, 1977, 1978, 1985, 1988, 1995; Müller-Melchers, 1949, 1951, 1952, 1953, 1954a, 1954b, 1959; Frenguelli & Orlando 1959; Ferrando et al. 1964; Arrillaga & Orezolli 1983, Burone, 1984; Burone & Baysée 1984, 1985, 1986; Lange 1983; Lange & Mostajo 1985; Balech et al. 1984; Akselman 1985, 1986, 2003; Ferrari 2005). Los estudios de las especies fitoplanctónicas en la plataforma uruguaya tuvieron carácter descriptivo (e.g. Machado 1976, Parietti 1985, Bayseé et al. 1986 y 1989, Elgue et al. 1987, 1990, Mesones 1991), y se destacó la abundancia de las diatomeas como grupo fitoplanctónico dominante. Negri et al. (1988) relacionaron la comunidad de especies fitoplanctónicas a la mezcla de masas de agua con diferente contenido de nutrientes. Gayoso (1995, 1996) y Gayoso & Podestá (1996) relacionaron la densidad de cocolitofóridos al frente superficial entre las corrientes de Brasil y Malvinas y a las características oceanográficas de los giros creados por la mezcla de ambas en la Convergencia Subtropical.

Ferrari (2008) caracterizó la comunidad del fitoplancton en las diferentes masas de agua que ocurren en el Río de la Plata y su frente oceánico en un estudio a fines de primavera. El mismo demostró que existieron diferentes asociaciones de especies en el gradiente estuarino-marino, presentando diferencias estructurales en los atributos fitoplanctónicos: densidad, biomasa, morfotipo, clase de tamaño y riqueza de especies. El Río de la Plata se caracterizó por presentar nanoflagelados, *Cryptomonas marsonii*, aguas costeras uruguayas se caracterizó por diatomeas (*Leptocylindrus* spp.), las aguas Subantárticas se caracterizaron por la gran densidad de las cocoides picoplanctónicas y *Cryptophyceae* mientras que las aguas Subtropicales fueron las más ricas de especies, siendo las diatomeas las que contribuyeron fuertemente como especies típicas (*Bacteriastrium delicatulum*).

Desde el año 1980 se mantiene un monitoreo por parte de la Dirección nacional de recursos Acuáticos en las costa atlántica uruguaya que tiene como objetivo el registro y la alerta temprana de FAN debido a los impactos que ha producido en la salud y economía de nuestro país. Las especies que han

producido toxicidad en Uruguay fueron *Gymnodinium catenatum*, *Alexandrium tamarense*, ambas productoras de Veneno Paralizante en Moluscos (VPM), *Dinophysis acuminata* y *Dinophysis caudata* ambas productoras de Veneno Diarreico en moluscos (VDM) y *Pseudonitzschia multiseries* productora de Veneno Amnésico en Moluscos (VAM), (Méndez y Ferrari 2002). Además de estas especies que producen potentes toxinas existen floraciones de microalgas que causan discoloraciones en el agua y tienen efectos nocivos en el ambiente ya sea por producir daño en las agallas de los peces como es el caso de varias diatomeas o anoxia por la gran biomasa desarrollada, Ferrari y Méndez 2000.

El área de estudio ubicado en la costa uruguaya del oceánico Atlántico presenta una gran variabilidad espacio-temporal de las condiciones ambientales, debido a la presencia de la convergencia subtropical y a los aportes del Río de la Plata (Odebrecht & Garcia 1997). Esta variación espacio temporal fue analizada satelitalmente usando el color del océano. Piola et al. (2008) encontraron una relación directa entre la salinidad superficial y la clorofila superficial derivada de los datos satelitales y confirmaron la asociación entre la expansión de la pluma salina con los vientos a lo largo de la línea costera. Basados en datos de distribución de salinidad superficiales las aguas del Río de la Plata se extiende hacia el norte por encima de los 36° S en otoño –invierno y se retrae a los 33° S en primavera-verano (Campos et al. 1999, Piola et al. 2005, Campos et al. 2008). Esta fluctuación estacional fue confirmada recientemente para el invierno 2003 y el verano 2004. En el primero cerca del 5% de las aguas del Río de la Plata fueron observadas a 1200km del estuario ($\approx 28^\circ$ S), mientras en verano 2004 a 330km (34° S) (Möller et al. 2008). Simulaciones numéricas sugirieron que cerca del estuario durante el verano la principal forzante son los viento del Este, mientras que en inviernos el desarrollo de la deriva de la pluma hacia el noreste depende de la combinación de la descarga del río y la fuerza de Coriolis (Simionato et al. 2001).

De la misma manera que se distribuye en la horizontal la salinidad, Braga et al. (2008) analizaron la distribución de nutrientes en la región. Los mismos presentan un marcado gradiente asociados a la descarga del Río de la Plata y la influencia de la escorrentía, zonas de surgencias y la influencia de las distintas corrientes. En éstos gradientes superficiales horizontales se observan altas concentraciones de silicatos y fosfatos en aguas asociados a baja salinidad (gradiente en aumento hacia el Río de la Plata), confirmando la importancia de la descarga de agua dulce en esta región, especialmente en invierno. Sin embargo los nitratos mostraron la presencia de aguas australes y procesos de surgencias por encima de la plataforma (gradiente en aumento hacia el sur) (Braga et al. 2008).

4 Resultados

4.1 Riqueza de Especies

En la Tabla 4.1 se presenta los índices de diversidad para cada sitio de muestreo. La Riqueza de especies varió entre 3,93 en el sitio 01 superficie y 0,54 en 07 fondo, la diversidad de Shannon varió entre 3,98 en el sitio 01superficie y 0,26 en 20 fondo. La equitatividad varió entre 0,85 en 16 superficie y 0.06 en 20 fondo mientras que el índice de Simpson varió entre 0,91 en 23 superficie y 0,05 en 20 fondo.

Tabla 4.1 Índices de diversidad de fitoplancton: Riqueza de Margalef, diversidad de Shannon-Wiever, Equitatividad y Simpson en los sitios de muestreo marino.

	Nº taxa	Riqueza	Equitatividad	Shannon	Simpson (1-λ)
fp 01 SUP	44	3,93	0,73	3,98	0,89
fp 01 FON	33	3,16	0,76	3,85	0,87
fp 02 SUP	16	1,21	0,66	2,66	0,72
fp 02 FON	28	2,76	0,80	3,83	0,90
fp 03 SUP	17	1,32	0,74	3,01	0,80
fp 03 FON	27	2,60	0,70	3,31	0,82
fp 04 SUP	21	1,51	0,61	2,69	0,68
fp 04 FON	11	0,90	0,71	2,45	0,72
fp 05 SUP	24	1,81	0,77	3,55	0,86
fp 05 FON	15	1,12	0,65	2,56	0,74
fp 07 SUP	22	1,64	0,81	3,61	0,88
fp 07 FON	7	0,54	0,75	2,11	0,70
fp 08 SUP	18	1,41	0,84	3,50	0,87
fp 08 FON	12	1,15	0,66	2,37	0,69
fp 12 SUP	24	1,74	0,76	3,49	0,87
fp 12 FON	26	2,37	0,70	3,30	0,85
fp 13 SUP	23	1,73	0,78	3,52	0,86
fp 13 FON	10	0,95	0,51	1,71	0,54
fp 16 SUP	18	1,41	0,85	3,55	0,89
fp 16 FON	12	1,15	0,52	1,87	0,60
fp 20 SUP	29	2,03	0,78	3,80	0,89
fp 20 FON	17	1,31	0,06	0,26	0,05
fp 23 SUP	27	2,07	0,83	3,94	0,91
fp 23 FON	27	2,57	0,65	3,08	0,80
fp 24 SUP	25	1,87	0,79	3,68	0,88
fp 24 FON	14	1,40	0,72	2,74	0,75
max	44	3,93	0,85	3,98	0,91
min	7	0,54	0,06	0,26	0,05

Fueron identificadas un total de 100 especies microalgales, distribuidas en 9 clases: Bacillariophyceae (38 céntricas, 16 pennadas), Dinophyceae (8 atecados y 28 tecados), Dictyochophyceae (2), Prasinophyceae (1), Cyanophyceae (1), Euglenophyceae (1), Prymnesiophyceae (2), Ebriophyceae (1), Synurophyceae (1).

Las taxa de diatomeas céntricas de gran tamaño (> a 100 µm) de la familia Coscinodiscaceae (7) y Rhizosoleniaceae (9) fueron los más representativos. Dentro de los dinoflagelados atecado Gymnodiniaceae (8) y tecados Prorocentraceae (5) y Protoperidiniaceae (8) fueron los de mayor número de taxa en el total de especies. En el área de estudio la mayor riqueza pertenece a las diatomeas con 334 taxa y los dinoflagelados con 193 taxa.

Como especies raras se destaca dos diatomeas *Rhizosolenia imbricata* y *Rhizosolenia castracanei* y el dinoflagelado *Protoperidinium conicum*.

La riqueza de especies presentó una alta variabilidad en los sitios (0.5 – 3.9). El sitio que presentó mayor número de taxa fue la M01 en superficie con 44 taxa y la mínima fue en M07fondo con 7 taxa. El sitio de fondo presentaron menor dominancia de especies fue de 0.05 en el sitio 20 fondo, según el índice de Simpson. La alta riqueza de especies en el sitio 01 demostró ser el sitio donde las especies en la comunidad están mas balanceadas (alta equitatividad = 0.73).

La riqueza de clases de fitoplancton en cada sitio ordenado por área se presenta en la Tabla 4.2. Se observó que la riqueza fue similar en todas las áreas. El área de mayor riqueza fue control sur con 27 diatomeas y 16 dinoflagelados.

Tabla 4.2 Riqueza de Especies según las clases taxonómicas de fitoplancton en el área de estudio. CYANO Cyanophyceae, DIATO Diatomeas, DINO Dinoflagelados, DICTY Dictyochophceae, PRIM Primnesiophyceae y otros (Ebriophyceae, Euglenophyceae, Prasinophyceae y Synurophyceae).

Área	Punto de Muestreo	Clases en fitoplancton						Riqueza Total por Punto
		CYANO	DIATO	DINO	DICTY	PRIM	otros	
Control Norte	fp 23 SUP	0	12	14	1	0	0	27
	fp 23 FON	1	22	3	1	0	0	27
	fp 24 SUP	1	11	11	2	0	0	25
	fp 24 FON	0	12	2	0	0	0	14
Terminal de exportación	fp 03 SUP	0	8	8	0	1	0	17
	fp 03 FON	0	19	8	0	0	0	27
	fp 04 SUP	1	7	11	0	2	0	21
	fp 04 FON	0	10	1	0	0	0	11
	fp 05 SUP	0	11	12	0	0	1	24
	fp 05 FON	0	11	3	1	0	0	15
	fp 07 SUP	0	9	12	0	1	0	22
	fp 07 FON	0	6	1	0	0	0	7
	fp 08 SUP	0	8	10	0	0	0	18
	fp 08 FON	0	10	2	0	0	0	12
	fp 12 SUP	0	11	13	0	0	0	24
	fp 12 FON	0	22	4	0	0	0	26
	fp 13 SUP	0	12	10	1	0	0	23
	fp 13 FON	0	10	0	0	0	0	10
	fp 16 SUP	0	6	10	0	0	2	18
	fp 16 FON	0	11	0	0	0	1	12
	fp 20 SUP	1	11	17	0	0	0	29
	fp 20 FON	0	15	2	0	0	0	17
Control Sur	fp 01 SUP	0	26	16	1	0	1	44
	fp 01 FON	0	27	6	0	0	0	33
	fp 02 SUP	0	6	10	0	0	0	16
	fp 02 FON	0	21	7	0	0	0	28
	TOTAL	4	334	193	7	4	5	547

La riqueza del fitoplancton fue evaluada para el área de estudio para la primavera de 2003 en un estudio anterior Ferrari (2008). Al comparar los valores se observó que la riqueza fue mayor que la registrada anteriormente para la zona de estudio. Ferrari (2008) registró para el área 2.5 bit/ind mientras que la máxima en el sitio 01 fue de 4 bit/ind. Sin embargo los valores de los índices de diversidad de Shannon y de equitatividad fueron similares. Ferrari (2008) observó que existe una relación lineal con la salinidad, aguas con mayor salinidad son más ricas. En el presente estudio la salinidad permaneció con muy poca variación (30.5 - 31.3 ppm).

4.2 Abundancia/Densidad & Diversidad

En el área de estudio, la mayor densidad se presentó en el sitio 20 con 950000 cel/L en superficie, Figura 4.2. En el fondo la abundancia no superó las 100000cel/L siendo el máximo en el sitio 05 que presentó 280000 cel/L.

La especie mas abundante en el área de estudio fue los dinoflagelados *Scrippsiella trochoidea* (315100 cel/L), *Prorocentrum gracile* (213900 cel/L), *Gymnodinium catenatum* y la diatomea céntrica *Actinocyclus octonarius* con 190900 cel/L.

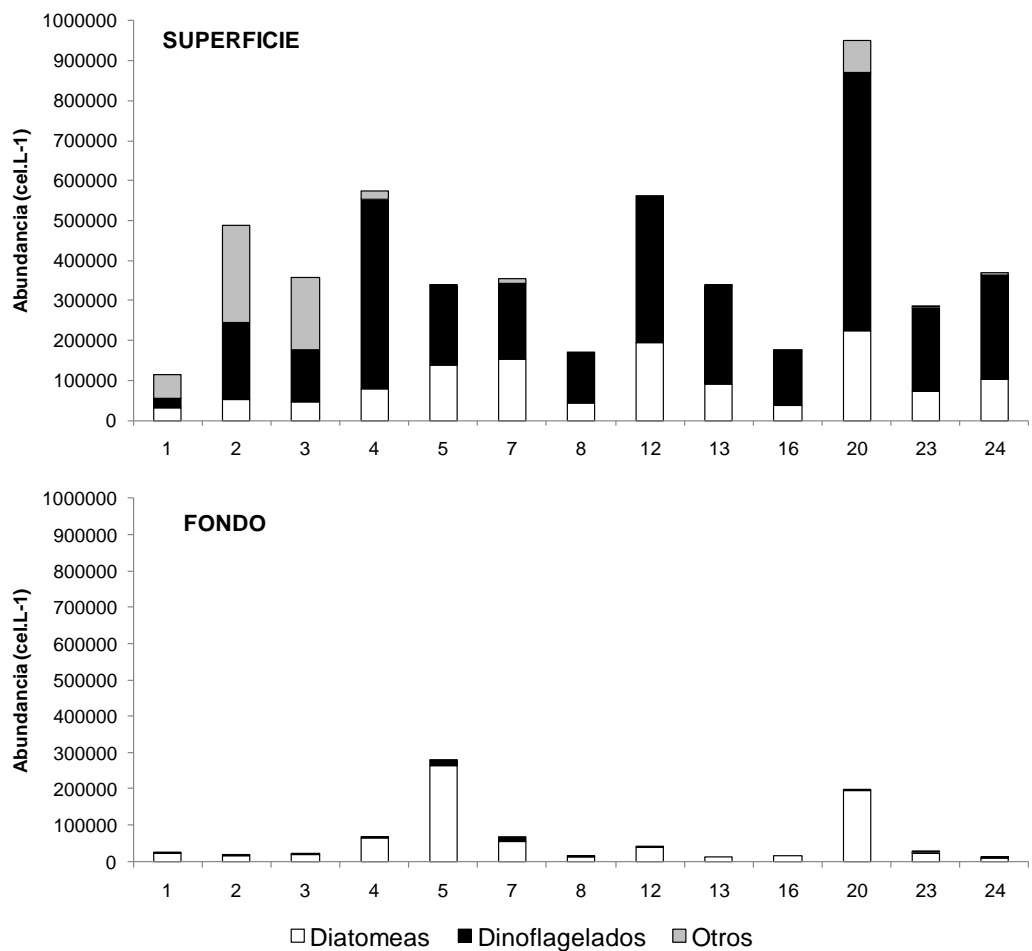


Figura 4.1 Densidad de los grupos de fitoplancton en A) superficie y B) en fondo. El grupo otros incluye Cyanophyceae, Dictyochophceae, Euglenophyceae, Prasinophyceae, Primnesiophyceae Ebriophyceae y Synurophyceae

Los sitios superficiales se destacaron por presentar mayor abundancia relativa de dinoflagelados que de diatomeas, sin embargo las muestras de fondo dominaron diatomeas.

Se calculó la abundancia relativa de las especies y se tomaron aquellas especies que presentaban abundancia relativa total mayor al 20%. La Tabla 4.3 presenta las especies que se seleccionaron en superficie y la Tabla 4.4 en las muestras de fondo. Como se observa las diatomeas que se presentan en superficie: *Leptocylindrus danicus* y *Pseudonitzschia cf. pungens* son diferentes que las que se registraron en fondo: *Actinocyclus octonarius* y *Coscinodiscus radiatus*. En el sitio 20, en la superficie, se destacó por presentar 78200 cel/L de la cianobacteria *Trichodesmium erythraeum*.

Tabla 4.3 Abundancia Relativa de las especies de fitoplancton (< al 20 %) observadas en superficie en el Área de Estudio.

Especie	Punto de Muestreo superficie													Total
	1	2	3	4	5	7	8	12	13	16	20	23	24	
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	27,0	50,0	38,5	55,0	28,4	20,8	27,0	24,5	28,4	14,3	0,0	17,7	6,8	338,5
<i>Prorocentrum gracile</i>	8,5	5,7	1,3	2,8	4,1	5,2	6,8	12,2	16,2	2,6	26,0	0,8	0,0	92,1
<i>Gymnodinium bonaerense</i>	0,0	0,9	16,7	4,0	12,2	2,7	13,5	2,4	10,1	0,0	5,9	2,4	1,2	72,1
<i>Prorocentrum sp.1</i>	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,4	3,3	6,8	13,0	1,4	10,5	23,6	64,6
<i>Gymnodinium catenatum</i>	2,8	2,8	0,0	4,4	0,0	6,5	9,5	5,7	2,7	7,8	12,8	1,6	2,5	59,2
<i>Prorocentrum dentatum</i>	0,0	5,7	0,0	4,0	3,4	1,3	0,0	9,4	5,4	2,6	0,0	13,7	12,4	57,9
<i>Leptocylindrus danicus</i>	7,6	14,2	0,0	0,0	0,0	0,0	8,1	18,0	2,7	0,0	1,7	1,6	0,6	54,4
<i>Pseudonitzschia cf. pungens</i>	2,3	3,8	0,0	4,4	2,8	0,6	1,4	7,8	3,4	7,8	9,8	4,8	3,7	52,5
<i>Prorocentrum rostratum</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,1	0,0	9,7	16,8	48,5
<i>Alexandrium fraterculus</i>	0,4	3,8	2,6	7,6	2,8	2,6	0,0	1,2	0,7	0,0	3,4	11,3	2,5	38,8
<i>Detonula pumila</i>	7,3	0,0	2,6	0,0	9,5	0,0	4,1	0,0	4,1	2,6	0,0	0,0	7,5	37,5
<i>Centrica s/d</i>	2,3	0,0	1,3	0,8	0,0	1,3	6,8	0,0	0,7	3,9	4,2	3,2	1,9	26,2
<i>Skeletonema tropicum</i>	9,3	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0	0,0	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,7

Tabla 4.4 Abundancia Relativa de Especies de fitoplancton (< al 20 %) observadas en el fondo en el Área de Estudio.

Especie	Punto de Muestreo fondo													Total
	1	2	3	4	5	7	8	12	13	16	20	23	24	
<i>Actinocyclus octonarius</i>	11,1	4,5	5,9	45,6	43,0	10,1	99,1	18,1	64,7	57,7	97,5	24,8	46,7	528,9
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	2,5	2,3	3,0	7,0	8,3	46,5	0,2	9,7	17,6	25,3	0,2	7,4	6,7	136,6
<i>Leptocylindrus danicus</i>	29,9	18,0	0,0	0,0	20,7	0,0	0,1	25,3	0,0	0,0	0,0	7,1	11,9	113,0
<i>Skeletonema tropicum</i>	4,1	14,9	34,3	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	0,0	0,0	0,0	35,5	0,0	90,9
<i>Coscinodiscus oculos -iridis</i>	4,1	15,3	22,9	0,0	0,8	10,0	0,0	2,3	4,1	2,2	0,2	0,6	2,2	64,8
<i>Coscinodiscus marginatus</i>	1,9	5,4	4,8	22,8	14,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	49,6
<i>Alexandrium fraterculus</i>	2,2	5,4	3,7	0,0	1,7	23,3	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	4,5	4,4	45,8
<i>Detonula pumila</i>	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	18,5	0,0	0,0	0,0	0,0	8,9	31,0
<i>Actinocyclus normanii</i>	3,8	1,8	1,1	7,0	0,0	0,2	0,0	1,4	7,6	6,6	0,1	0,6	0,0	30,4
<i>Proboscia alata</i>	1,9	4,5	1,8	1,8	0,0	3,3	0,0	1,0	0,0	0,0	0,2	1,6	3,7	19,8

4.4 Ecología

Las especies registradas fueron eurioicas, cosmopolitas de habitar templados-subtropical. La dominancia de diatomeas en la zona costera (e.g. *Actinocyclus* y *Leptocylindrus* spp.) refleja la inestabilidad del ambiente, la turbulencia tiende a mantener la homogeneidad vertical de los parámetros físico-químicos, manteniendo altas concentraciones de nutrientes en la capa eufótica. A su vez la turbulencia retarda el hundimiento de aquellas especies como las diatomeas grandes que por el solo peso tienden al fondo.

Las especies presentes en superficie dinoflagelados y diatomeas que forman largas cadenas, demuestran su adaptación a ambientes turbulentos, típico de zonas costeras.

Las mismas especies fueron registradas en estudio anterior (Ferrari 2008) y en la zona costera del Estado de Paraná en Brazil (Fernández & Brandini 2004). *Actinocyclus*, *Coscinodiscus*, *Leptocylindrus* y *Skeletonema* son géneros comúnmente citados en los estudios de la región del Río de la Plata y Océano Atlántico. La alta densidad de dinoflagelados en superficie (*Scrippsiella* y *Prorocentrum*) fue posible gracias a que son organismos que presentar dos flagelos, los que les permiten acceder a las capas de luz superficiales. Estas especies son típica de la costa uruguaya y ha producido floraciones color anaranjado en varias ocasiones (Ferrari & Méndez 2000, Ferrari & Vidal 2006). Entre las especies de dinoflagelados se registraron especies termófilas como *Prorocentrum rostratum*. Se destaca el registro de *Prorocentrum dentatum* y un *Prorocentrum* sp 1 de pequeño tamaño (12µmn) no registrado con anterioridad en el área de estudio.

Se registró en el sitio 8 en fondo bajas concentraciones de *Coscinodiscos waillessi* (800 cel/L). Se destaca la presencia de esta especie debido a que fue considerada especie exótica en las costas de Río

Grande del Sur en Brasil produciendo extensas manchas con impactos ecológicos en la Bahía de Paranaguá. Es una especie que produce mucilago y sobrevive bien en las agua de lastre de buques, con capacidades de invasión por su amplio rango de alta tolerancia de temperatura y salinidad (Rubens M. Lopes. 2009).

En la estación 20 se destaca la presencia de la cianobacteria *Trichodesmium erythraeum* y las diatomeas *Rhizosolenia imbricata* y *Rhizosolenia castracanei* las que denotan influencia de aguas mas cálidas de la corriente de Brasil. *Trichodesmium* es una especie que a formado extensas floraciones en las aguas de Uruguay (Ferrari & Méndez 2000) sin producir toxina, produce extensas manchas en aguas tropicales y subtropicales de la costa de Brasil y se la ha registrado como productora de la saxitoxina y microcystina en bajas concentraciones (Proença et al. 2008).

4.5 Especies Importantes/Sensibles

Se registraron especies potencialmente tóxica tanto diatomeas: *Pseudo-nitzschia* cf. *fraudulenta* y *Pseudo-nitzschia* cf. *pungens* como dinoflagelados *Gymnodinium catenatum*, *Alexandrium fraterculus*, *Dinophysis acuminata* y *Dinophysis caudata*. Estas especies estuvieron presentes en todos los sitios, registrando mayor abundancia en la superficie en los sitios 4, 12 y 20.

La abundancia de estas especies se presenta en la Tabla 4.5. Las especies de *Dinophysis* alcanzaron las 6900 cel/L y con solo la presencia de estas especies son necesarias para que los moluscos se vuelvan tóxicos. Sin embargo *Gymnodinium catenatum* a producido floraciones en nuestro país muy abundantes (280.000 cel/L) y en varias ocasiones provocó períodos de veda donde se prohíbe la comercialización y el consumo de moluscos bivalvos.

Tabla 4.5 Abundancia (cel/L) de especies potencialmente tóxicas en el área de estudio.

Punto de muestreo	Especies potencialmente productoras de toxinas					
	<i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>pungens</i>	<i>Gymnodinium catenatum</i>	<i>Alexandrium fraterculus</i>	<i>Dinophysis acuminata</i>	<i>Dinophysis caudata</i>	<i>Trichodesmium erythraeum</i>
AM 01 SUP	1280	1600	240	560	0	0
AM 01 FON	480	240	560	0	160	0
AM 02 SUP	9200	6900	9200	0	0	0
AM 02 FON	1200	880	960	0	0	0
AM 03 SUP	0	0	4600	0	0	0
AM 03 FON	0	160	800	0	0	0
AM 04 SUP	25300	25300	43700	2300	2300	6900
AM 04 FON	0	0	0	0	0	0
AM 05 SUP	9600	0	9600	0	0	0
AM 05 FON	0	0	4600	0	0	0
AM 07 SUP	2300	23000	9200	0	0	0
AM 07 FON	0	0	16100	0	0	0
AM 08 SUP	2300	16100	0	0	0	0
AM 08 FON	400	160	0	0	0	0
AM 12 SUP	43700	32200	6900	6900	0	0
AM 12 FON	1520	0	240	0	0	0
AM 13 SUP	11500	9200	2300	0	0	0
AM 13 FON	0	0	0	0	0	0
AM 16 SUP	13800	13800	0	2300	0	0
AM 16 FON	0	0	0	0	0	0
AM 20 SUP	80500	105800	27600	4600	0	78200
AM 20 FON	640	160	0	0	0	0
AM 23 SUP	13800	4600	32200	0	0	0
AM 23 FON	640	0	1120	0	0	240
AM 24 SUP	13800	9200	9200	6900	0	2300
AM 24 FON	0	0	480	0	0	0

4.6 Patrones en la zonación de la comunidad fitoplanctónica

El grado de asociación entre los sitios fue evaluado mediante análisis de agrupamiento de cluster con la abundancia de las especies de fitoplancton. Se observó que los sitios se separaron con un 40% de similitud en dos grande grupos, uno con los sitios de superficie y otro con los sitios de fondo, Figura 4.3.

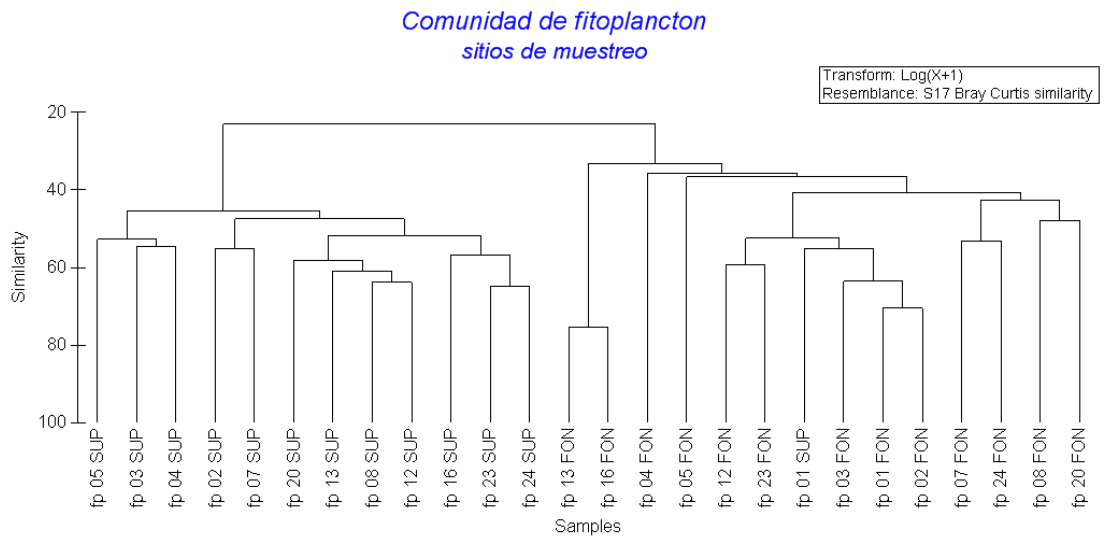


Figura 4.2 Dendrograma de agrupamiento basado en la matriz de similaridad de Bray-Curtis con la abundancia de especies de la comunidad fitoplanctónica.

4.7 Análisis comparativo entre las áreas: A = control norte; B = Área de Puerto y C = Control sur.

Para verificar si existen diferencias entre las áreas se aplicó un análisis de similaridad de una vía con la comunidad fitoplanctónica, demostrando que no existe diferencias significativas para un $p < 0.05$, siendo el estadístico R Global de $-0,176$.

Si se observaron diferencias significativas entre los sitios de superficie y fondo para un $p < 0.01$ y el estadístico RGlobal fue de $0,864$.

4.8 Relación con variables ambientales

Los parámetros que mas influyeron sobre la abundancia de la comunidad de fitoplancton fueron la temperatura, los sólidos suspendidos y disueltos totales y el oxígeno (BIOENV: $r = 0.788$). Las variables ambientales mostraron el mismo patrón de zonación que la comunidad fitoplanctónica mostrando una diferencia significativa entre los datos de superficie y fondo con un $r = 0,696$ para un $p < 0.01$ según los resultado del ANOSIM.

Según el análisis de componentes principales se observó que los dos primeros ejes explicarían el 62% de la varianza acumulada, donde el primer eje se relacionó positivamente con la temperatura, oxígeno y pH con un coeficiente de correlación $r = 0.3$, mientras que el segundo eje se relacionó

negativamente con la profundidad del disco de secchi ($r = -0.6$), DBO ($r = -0.4$) y el ortofosfato ($r = 0.3$), figura 4.4.

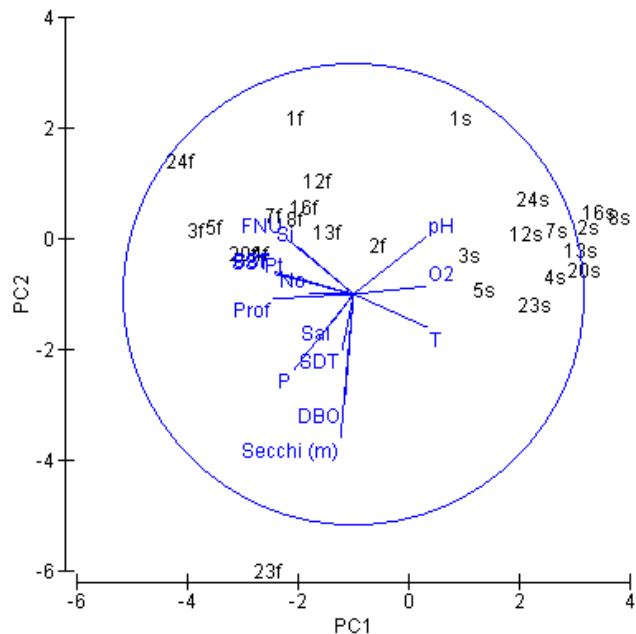


Figura 4.3 Análisis de componentes principales ACP de las variables ambientales mostrando la ordenación con los sitios en el área de estudio.

4.9 Análisis Regional

Las aguas costeras definidas con salinidad < 32 (Guerrero & Piola 1997), dominadas por el estuario del Río de la Plata y cuya influencia se extiende sobre la plataforma interna (hasta los 50 m de profundidad), albergan zonas con diferentes características físicas, químicas y biológicas (Boltovskoy *et al.* 1999). Las aguas costeras del Océano Atlántico se caracterizan por la influencia en la fertilización de las por nutrientes, principalmente silicatos, que son esenciales para este grupo de algas desde el Río de la Plata. Este aporte de silicatos ya ha sido reportado para esta región (Ciotti *et al.* 1995, Piola *et al.* 2000, Piola *et al.* 2008). Este hecho también fue observado en la costa del sur de Brasil, en periodos de lluvias donde aumenta la escorrentía, y la dominancia en la comunidad es también de diatomeas: *Cerataulina pelagica*, *Guinardia striata*, *Leptocylindrus* spp., *Pseudo-nitzschia* spp. y *Skeletonema costatum* (Fernández & Brandini 2004). Estos resultados fueron coincidentes con antecedentes de estudio de la región (Elgue *et al.* 1987, Mesones 1991, Carreto *et al.* 1986, 2003).

El rango de abundancias de fitoplancton fue menor que la registrada en años anteriores para la zona. Ferrari (2008) registró en 4×10^6 cel/L en el sitio cercano al área de estudio en una situación de

primavera tardía. Las mismas también presentaron densidades menores que las observadas por Ferrari y Pérez (2002) en la franja costera hacia el Río de la Plata. En ambos estudios las especies predominantes fueron diferentes. En el primero dominó *Leptocilyndrus* spp. y en el segundo *Prorocentrum mínimum*.

4.10 Conclusiones

El área de estudio presenta una gran variabilidad espacio-temporal de las condiciones ambientales, debido a la presencia de la convergencia subtropical y a los aportes del Río de la Plata. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre los las áreas seleccionadas de estudio (Puerto, Control norte y Control sur), por lo que se puede hablar de una misma masa de agua, tanto en las condiciones fisicoquímicas como en la estructura de la comunidad fitoplanctónica.

En este estudio se observó especies marinas de aguas costeras adaptadas a la turbulencia. La especie mas abundante en el área de estudio fue los dinoflagelados *Scrippsiella trochoidea* (315100 cel/L), *Prorocentrum gracile* (213900 cel/L), *Gymnodinium catenatum* y la diatomea céntrica *Actinocyclus octonarius* con 190900 cel/L. Se observó diferencias significativas en la estructura comunitaria entre los sitios de superficie y fondo. En la superficie dominaron los dinoflagelados mientras que en el fondo las diatomeas céntricas. Los parámetros que más influyeron en la distribución de la comunidad de fitoplancton fueron la temperatura, los sólidos suspendidos y disueltos totales y el oxígeno.

Se registraron especies potencialmente tóxica tanto diatomeas: *Pseudo-nitzschia* cf. *fraudulenta* y *Pseudo-nitzschia* cf. *pungens* como dinoflagelados *Gymnodinium catenatum*, *Alexandrium fraterculus*, *Dinophysis acuminata* y *Dinophysis caudata* en todos los sitios y la cianobacteria *Trichodesmium erythraeum* en los sitios 04 y 20 en superficie.

La riqueza de especie en general fue similar a otros estudios, en promedio fue de 1.8 bit/ind, las especies estuvieron balanceadas en la comunidad (equitatividad promedio=0.7), por lo que el índice de dominancia fue en promedio bajo ($\lambda = 0.15$).

5 Bibliografía

- Akselman R 1985 Contribución al estudio de la Familia Gymnodiniaceae Lemmermann (Dinophyta) del Atlántico Sudoccidental. *Physis* (Sección A), 43 (104): 39-50. Buenos Aires
- Akselman R 1986 Contribución al conocimiento de la Familia Warnowiaceae Lindemann (Clase Dinophyceae) en el Atlántico Sudoccidental. *Darwiniana*, 27(1-4): 9-17
- Akselman R 2003 Fitoplancton del estuario y frente marino del Río de la Plata: composición, distribución, densidad y relaciones hidrográficas a fines de primavera. Resumen X Congreso Latinoamericano en Ciencias del Mar, COLACMAR, San José, Costa Rica, p. 210
- Arrillaga de Maffei BR & M Orezza de Cirigliano 1983 Plancton del Río de la Plata. Laboratorio de Botánica, Facultad de Química, Montevideo. Edición mimeografiada, 161 pp
- Balech E 1949 Etude de quelques espèces de *Peridinium* souvent confondues. *Hidrobiología*, 1(4): 390-409
- Balech E 1951 Sobre dos variedades de *Dinophysis caudata* Kent. *Comunicaciones Zoológicas del Museo de Historia Natural de Montevideo*, 3(60): 1-13
- Balech E 1954 Breves datos sobre la distribución geográfica y estacional del plancton marino de la Argentina. *Revista de Biología Marina*, 4(1-2-3): 211-224. Valparaíso
- Balech E 1959 Operación Oceanográfica Merluza. V Crucero. Plancton. Servicio de Hidrografía Naval, H 618: 1-43. Buenos Aires
- Balech E 1964 El Plancton de Mar del Plata durante el período 1962-1964. *Boletín del Instituto de Biología Marina*, 4: 1-49. Mar del Plata
- Balech E 1971 Microplancton de la Campaña Oceanográfica Productividad III. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia" (Hidrobiología)*, 3(1): 1-202, 39 lám
- Balech E 1976a Fitoplancton de la campaña de convergencia 1973. *Physis* (Sección A), 35 (90): 47-58. Buenos Aires
- Balech E 1976b La distribución de algunos microplancteres en el Atlántico sudoeste. *Boletín del Servicio de Hidrografía Naval*, 12 (2/3): 15-24. Buenos Aires
- Balech E 1977 Introducción al fitoplancton marino. Editorial Universidad de Buenos Aires. 211 pp
- Balech E 1978 Microplancton de la Campaña Productividad IV. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia" (Hidrobiología)* 5 (7): 137-201
- Balech E 1985 The genus *Alexandrium* or *Gonyaulax* of the *tamarensis* group. Pp. 33-38, En: Anderson White & Baden (Eds.) *Toxic Dinoflagellates*. Elsevier, North Holland
- Balech E 1988 Los dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental. Instituto Español de Oceanografía, Publicación Especial 1: 219 pp, 88 lám. Madrid
- Balech E 1995 The genus *Alexandrium* Halim (Dinoflagellata). Publ. Sherkin Island Marine Station, 151 pp. Ireland
- Balech E R Akselman HR Benavides & R Negri 1984. Suplemento a "Los Dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental". *Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero, INIDEP*, 4: 5-20 Mar del Plata
- Bayssé C Elgue JC Burone F & M Parietti 1986 Campaña de invierno 1983. II Fitoplancton. Publicaciones de la Comisión Técnica Mixta del Frente Marítimo, 1: 218-229. Montevideo
- Bayssé C Elgue JC & F Burone 1989 Variaciones en la distribución y relaciones interespecíficas del fitoplancton en una playa arenosa de la costa atlántica uruguaya. Publicaciones de la Comisión Técnica Mixta del Frente Marítimo, 5(A): 95-114. Montevideo

- Braga ES Chiozzini VC Berbel GBB Maluf JCC Aguiar VMC Charo M Molina D Romero SI BB Eichler 2008 Nutrient distributions over the Southwestern South Atlantic continental shelf from Mar del Plata (Argentina) to Itajaí (Brazil): Winter– summer aspects. *Continental Shelf Research* 28: 1649– 1661
- Burone FS 1984 Estudio taxonómico de las Bacillariophyceae de la Bahía de Maldonado (República Oriental del Uruguay). Tesis de Licenciatura en Oceanografía Biológica, Facultad de Humanidades y Ciencias (Universidad de la República), Montevideo. 227 pp (Inédita)
- Burone F & C Bayssé 1984 Diatomeas de la Bahía de Maldonado (Uruguay), I. Lithodesmiaceae y Eupodiscaceae. *Contribuciones del Depto. de Oceanografía, Facultad de Humanidades y Ciencias* 1(10):1-16. Montevideo
- Burone F & C Bayssé 1985 Diatomeas de la Bahía de Maldonado (Uruguay) II. Biddulphyaceae y Chaetoceraceae. *Contribuciones del Depto. de Oceanografía, Facultad de Humanidades y Ciencias* 2(1):1-31. Montevideo
- Burone FS & C Bayssé 1986 Diatomeas de la Bahía de Maldonado (Uruguay), III. Rhizosoleniaceae. (Inédito)
- Campos EJD Lentini CAD Miller JL Piola AR 1999 Interannual variability of the sea surface temperature in the South Brazil Bight. *Geophysical Research Letters* 26: 2061– 2064
- Campos EJD Piola AR matano RP JL Miller 2008 PLATA: A synoptic characterization of the southwest Atlantic shelf under influence of the Plata River and Patos Lagoon outflows. *Continental Shelf Research* 28: 1551– 1555
- Carbonell JJ & A Pascual 1925 Una *Melosira* nueva para el Río de la Plata. *Physis*, 8:106-107. Buenos Aires
- Carreto JI Negri RM & Benavides HR 1986. Algunas características del florecimiento del fitoplancton en el frente del Río de la Plata. I: Los sistemas nutritivos. *Revista Investigación y Desarrollo Pesquero* 5: 7-29
- Carreto JI Montoya NG Benavides HR Guerrero R & MO Carignan 2003 Characterization of spring phytoplankton communities the Río de La Plata maritime front using pigmentsignatures and cell microscopy. *Marine Biology*, 143: 1013-1027
- Clarke KR & RM Warwick 2001 Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth, 2nd Edition. 144pp
- Clarke KR & RN Gorley 2006 PRIMER v6: User Manual/Tutorial. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth (Ed.), 190 pp
- Ciotti AM Odebrecht C Fillman G & OO Möller 1995 Freshwater outflow and Subtropical Convergence influence on phytoplankton biomass on the southern Brazilian continental shelf. *Continental Shelf Research*, 15: 1737-1756
- Cupp EE 1943 Marine plankton diatoms of the west coast of North America. University of California Press, Berkeley, California Press
- Chrétiennot-Dinnet MJ Sournia A & M Ricard 1993 A classification of the marine phytoplankton of the world from class to genus. *Phycologia*, 32: 159-179
- Elgue JC Alamón M & O La Buonora 1987 Una descripción de la Zona Común de Pesca Argentino-Uruguaya mediante el análisis en componentes principales de parámetros ambientales y datos de fitoplancton para el invierno de 1983. *Publicaciones de la Comisión Técnica Mixta del Frente Marítimo*, 3: 15-23. Montevideo
- Elgue JC Bayssé C Burone F & M Parietti 1990 Distribución y sucesión espacial del fitoplancton de superficie de la Zona Común de Pesca Argentino-Uruguaya (invierno de 1983). *Publicaciones de la Comisión Técnica Mixta del Frente Marítimo*, 6(A): 67-107. Montevideo
- EPA 2011. <http://www.epa.gov/indicators> Revisado marzo 2011).
- Fernández LF & FP Brandini 2004 Diatom associations in shelf waters off Parana State, Southern Brazil: annual variation in relation to environmental factors. *Brazilian Journal of Oceanography*, 52:19-34

- Ferrando HJ Machado de Castro T & E Terryn 1964 Clave para las principales diatomeas planctónicas del Atlántico Sudoccidental. Revista del Instituto de Investigaciones Pesqueras, 1:185-225. Montevideo
- Ferrari G 2008. Fitoplancton del estuario del Río de la Plata y Frente Oceánico. Su Relación con las Masas de Agua. Tesis de Maestría. Biología, Opción Ecología, PEDECIBA. Facultad de Ciencias - Universidad de la República, Uruguay, 124p.
- Ferrari G 2005 Gymnodiniales formadores de cadenas en la costa uruguaya. Publicaciones de la Comisión Técnica Mixta del Frente Marítimo, 20: 53-59. Montevideo
- Ferrari G & S Méndez 2000 Reports of phytoplankton species producers of coastal water discolorations in Uruguay. Iheringia (Série Botânica), 54: 3-18. Porto Alegre
- Ferrari G & M del C Pérez 2002 Fitoplancton de la costa platense y atlántica de Uruguay. Iheringia (Série Botânica), 57: 263-278. Porto Alegre
- Freguelli J & H Orlando 1959 Operación merluza. Diatomeas y Silicoflagelados del plancton del "VI Crucero", República Argentina, Sec. Mar, Servicio de Hidrografía Naval, H 619: 1- 62, Buenos Aires
- Gayoso AM 1988 Variación estacional del fitoplancton de la zona mas interna del estuario de Bahía Blanca (Prov. Buenos Aires, Argentina). Gayana Botanica, 45: 241-247. Concepción
- Gayoso AM 1995 Bloom of *Emiliana huxleyi* (Primnesiophyceae) in the western South Atlantic Ocean. Journal of Plankton Research, 17: 1717-1722
- Gayoso AM 1996 Phytoplankton species composition and abundante off Río de la Plata (Uruguay). Archive of Fishery and Marine Research, 44: 257-265
- Gayoso AM & G Podestá 1996 Surface hydrography and phytoplankton of the Brasil-Malvinas Currents confluence. Journal of Plankton Research, 6: 941-951
- Guerrero RA Piola AR 1997 Masas de agua en la plataforma continental. Pp. 107-118, En: Boschi EE (Ed), El mar Argentino y sus Recursos Pesqueros. INIDEP, Mar del Plata, Argentina
- Hallegraeff, D.; Anderson, M.; Cembella, A. D. 2004. Manual on harmful marine microalgae. París: UNESCO, 293p.
- Hasle G & G Fryxell 1970 Diatoms: cleaning and mounting for light and electron microscopy. Transactions of the American Microscopy Society, Menasha, 89: 469-474
- Hasle GR Lange CB & EE Syvertsen 1996 A review of *Pseudo-nitzschia*, with special reference to the Skagerrak, North Atlantic and adjacent waters. Helgoländer Meeresunters, 50: 131-175
- Hentschel E 1932 Die biologischen Methoden und das biologische Beobachtungsmaterial der "Meteor-expedition". Wissenschaftliche Ergebnisse der Deutschen atlantischen Expedition auf dem Forschungs- und Vermessungsschiff "Meteor", 10: 1-174
- Kramer KJM 1994. Biomonitoring of Coastal Waters and Estuaries. CRC Press, Boca Raton, 362 pp.
- Lange C 1983 Three *Thalassiosira* (Bacillariophyceae) species new for the Southern Atlantic. Physis Sec. A., 41: 134
- Lange C & E Mostajo 1985 Phytoplankton (diatoms and silicoflagellates) from the Southwestern Atlantic Ocean. Botanica Marina, 28: 469-476
- Rubens M. Lopes 2009. Informe Sobre as Espécies Exóticas Invasoras Marinhas no Brasil. Ministerio do Meio Ambiente. Rubens M. Lopes/IO-USP et al.- Editor. Brasilia: MMA/SBF, 2009, 438p.
- Lund JWG Kipling C & ED Le Cren 1958 The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. Hydrobiologia Den Haag, 2: 143-170
- Machado MT 1976 Observaciones sobre el plancton del Océano Atlántico Sudoccidental a través de Campañas Oceanológicas (abril de 1965 y abril de 1967). Instituto Nacional de Pesca, Informe Técnico, 5: 1-14
- Magurran AE 2004 Measuring biological diversity. Oxford: Blackwell Science. viii + 256 pp
- Margalef R 1958 Information theory in ecology, General Systems, 3: 36-71

- Mesones C 1991 Ecología del fitoplancton de superficie en la plataforma continental uruguaya. Tesis de Licenciatura en Oceanografía Biológica, Facultad de Humanidades y Ciencias (Universidad de la República), Montevideo. 280 pp
- Méndez S. Ferrari G y S Svenson 2003. Primer mapeo de quistes de *Gymnodinium catenatum* en sedimentos de la zona costera uruguaya. Publicaciones de la Comisión Técnica Mixta del Frente Marítimo (19):103-109.
- Méndez S. y G.Ferrari 2003. Floraciones tóxicas de *Gymnodinium catenatum* en aguas uruguayas. Publicaciones de la Comisión Técnica Mixta del Frente Marítimo (19): 97-102.
- Möller Jr OO Piola AR Freitas AC & EJD Campos 2008 The effects of the river discharge and seasonal winds on the shelf off Southeastern South America. *Continental Shelf Research*, 1607-1624
- Müller-Melchers F 1949 Los *Chaetocheros* de Atlántida (Uruguay). *Lilloa*, 19: 161-169. Tucumán
- Müller-Melchers F 1951 *Actinoptychus frenguelli* n. sp. *Phycis*, 20: 320-323.
- Müller-Melchers F 1952 *Biddulphia chinensis* Grev. as indicators of oceans currents. *Comunicaciones Botánicas del Museo de Historia Natural de Montevideo*, 2: 1-25
- Müller-Melchers F 1953 New and little known diatoms from Uruguay and the South Atlantic Coast. *Comunicaciones Botánicas del Museo de Historia Natural de Montevideo*, 3: 1-25
- Müller-Melchers F 1954a Observaciones sobre *Biddulphia chinensis* Grev. *Revista de Biología Marina* 4: 203-210, 2 lám.
- Müller-Melchers F 1954b Sobre algunas diatomeas planctónicas de Atlántida (Uruguay). *Physis*, 20:459-466.
- Müller-Melchers F 1959 Plankton diatoms of the Southern Atlantic Argentina and Uruguay coast. *Comunicaciones Botánicas del Museo de Historia Natural de Montevideo*, 3: 1-53
- Negri R Benavides H & JI Carreto 1988 Algunas características del florecimiento del fitoplancton en el frente del Río de la Plata. II: Las asociaciones fitoplanctónicas. *Publicaciones de la Comisión Técnica Mixta del Frente Marítimo*, 4: 151-161.
- Odebrecht C & VMT Garcia 1997 Phytoplankton. En: *Subtropical Convergence Environments: The Coast and Sea in the Southwestern Atlantic*. COU Seeliger & JP Castello. Berlín, Springer, 308pp
- Parietti M 1985 Estudio de algunas características ecológicas del fitoplancton de superficie de la plataforma continental uruguaya (verano de 1984). Tesis de Licenciatura en Oceanografía Biológica, Facultad de Humanidades y Ciencias (Universidad de la República), Montevideo. 120 pp
- Pielou EC 1977 *Mathematical ecology*. John Wiley & Sons, Inc., New York, 385 pp
- Piola AR Matano RP Palma ED Möller OO Campos EJD 2005. The influence of the Plata River discharge on the western South Atlantic shelf. *Geophysical Research Letters* 32: L01603
- Piola A S Romero & U Zajaczkovski 2008 Space– time variability of the Plata plume inferred from ocean color *Continental Shelf Research*, 28: 1556–1567
- Proença LAO, Tamanaha MS, Fonseca RS 2008. Screening the toxicity and toxin content of blooms of the cyanobacterium *Trichodesmium erythraeum* (Ehrenberg) in Northeast Brazil. *J Venom Anim Toxins incl Trop Dis*. V.15, n.2, p. 204-215.
- Rivera RP & HM Gebauer 1989 Diatomeas chilenas en las colecciones de Boyer, Cleve & Moeller, Schulze y Smith. *Gayana Botanica*, 46: 89-116
- Round FE Crawford RM & DG Mann 1990 *The Diatoms. Biology & morphology of the genera*. Cambridge, University Press.
- Shannon CE & W Weaver 1949 *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana, 125 pp
- Sieburth JM & V Smetacek 1978 Pelagic ecosystem structure: heterotrophic compartments of the plankton and their relationship to plankton size fractions. *Limnology and Oceanography*, 23: 1256-1263

- Simionato CG Nuñez MN Engel M 2001 The salinity front of the Río de la Plata—a numerical case study for winter and summer conditions. *Geophysical Research Letters* 28: 2641–2644.
- Sournia A 1986 *Atlas Du Phytoplankton Marin. Volumen I: Introduction, Cyanophycées, Dictyochophycées, Dinophycées et Raphidophycées*. Editions du Centre National de la Recherche Scientifique, París.
- Sournia A 1978 *Phytoplankton Manual. Monographs on Oceanographie Methodology, 6*. París, UNESCO.
- Taylor FJR 1978 Dinoflagellates. Pp. 143-147, En: *Phytoplankton Manual. Monographs on oceanographic methodology UNESCO, (Ed) A Sournia Muséum National d' Histoire Naturelle, Paris*
- Terradas J 2001 *Ecología de la vegetación*. Ediciones Omega, Barcelona.
- Tomas CR 1996. *Identifying Marine diatoms and dinoflagellates*. Academic Press, Inc. San Diego, California, 598 pp
- Uribe E 1985 Indicadores biológicos en el fitoplancton marino. *Revista Biología Marina*, 21: 151-172. Valparaíso
- Utermöhl H 1958 Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton Methodik. *Mitteilungen der internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, Stuttgart, 9: 1-38
- Whittaker RH 1965 Dominance and diversity in land plant communities. *Science*, 147: 250-260

