

INFORME TECNICO 31

EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN URBANA DE LA BAHÍA NUEVA (PROVINCIA DEL CHUBUT)

José Luis Esteves (1,2), Miriam Solís (1,2), Mónica Gil (1,2), Norma Santinelli (3),
Viviana Sastre (3), Claudia González Raies (3), Mónica Hoffmeyer (4)
y Marta Commendatore (1,2).

ISSN N° 0328 – 462X

1997

Permitida la reproducción total o parcial citando a la fuente

Plan de Manejo Integrado de la Zona Costera Patagonica
GEF / PNUD
FPN / WCS

“Los Informes Técnicos del Plan de Manejo Integrado de la Zona Costera Patagónica implementado por Fundación Patagónica Natural (F.P.N.) y Wildlife Conservation International (W.C.S.) constituyen una herramienta de difusión de información no publicada que estas instituciones consideran de utilidad para la protección de la naturaleza de la región. La misma podrá ser utilizada con fines de enseñanza, divulgación y entrenamiento, y como material de referencia para el manejo de los recursos, citando la fuente. Las opiniones expresadas en estos Informes Técnicos son las de los autores y no reflejan necesariamente la opinión de las organizaciones participantes”.

EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN URBANA DE LA BAHÍA NUEVA (PROVINCIA DEL CHUBUT)

**José Luis Esteves (1,2), Miriam Solís (1,2), Mónica Gil (1,2), Norma Santinelli (3),
Viviana Sastre (3), Claudia González Raies (3), Mónica Hoffmeyer (4)
y Marta Commendatore (1,2).**

(1) CENPAT-CONICET. Bv. Brown s/n (9120) Pto. Madryn; (2) Fundación Patagonia Natural. Marcos A. Zar 760 (9120) Puerto Madryn; (3) Universidad Nacional de la Patagonia. Belgrano 504. (9100) Trelew. (4); IADO-CONICET. Alem 53 (8.000) Bahía Blanca.

RESUMEN

Con el objetivo de conocer la situación ambiental de la Bahía Nueva y la influencia que tienen los efluentes que se descargan sobre ella (frente a Puerto Madryn), se efectuaron tres campañas entre 1993 y 1995. Se analizaron parámetros físicos, químicos y biológicos. La Bahía Nueva mostró un impacto ambiental generado por los efluentes urbano e industriales (10.000 m³/día), que se manifestó en mayores concentraciones de amonio (hasta 5 µM), de nitrato (hasta 0,7 µM), de fósforo (hasta 1,3 µM), de sílice (hasta 4,5 µM) y de materia orgánica particulada (hasta 1.400 mg/l), en las estaciones cercanas a la costa. En éstas estaciones el fitoplancton total presentó concentraciones de 9 x 10⁶ cél.l⁻¹, mientras que en estaciones alejadas, la concentración fue de 4 x 10² cél.l⁻¹. Diatomeas y dinoflagelados se presentaron en la totalidad de las estaciones. En la mayoría de las muestras se observó el dinoflagelado tóxico *Alexandrium tamarense*, productor de Veneno Paralizante de Moluscos (VPM). De las observaciones de zooplancton, *A. tonsa*, *P. parvus* y *O. helgolandica*, fueron más abundantes en las estaciones costeras coincidiendo con altas densidades de *A. tamarense*, *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* y *P. australis*. En algunas ocasiones se ha observado una concentración de coliformes fecales frente al Parque Industrial Pesquero, superior a la establecida por la legislación.

A partir de los parámetros analizados en este estudio podemos decir que en la Bahía Nueva se observa claramente el aporte antrópico y surge la necesidad de buscar mecanismos de protección adecuados.

INTRODUCCIÓN

El Golfo Nuevo, conforma los límites suroeste y sur de la Península Valdés. La Bahía Nueva, se ubica en el extremo oeste del Golfo Nuevo, frente a la ciudad de Puerto Madryn (50.000 habitantes). Esta Ciudad descarga los efluentes producidos por la actividad urbana, industrial y portuaria con o sin tratamiento previo. En aquellos lugares en donde no existen sistemas cloacales, se utilizan pozos negros que percolan hacia la napa freática. Ésta, ubicada a pocos metros de profundidad, aflora en la playa durante las bajantes. Como consecuencia, es posible observar un desarrollo cada vez más notable de distintas especies de algas, en particular *Ulva lactuca*, considerada como indicadora de contaminación urbana. Recientemente, una floración de *Undaria pinnatifida* (Piriz y Casas, 1994; Casas y Piriz, 1996), transportada por algún barco desde otros mares, ha comenzado a cambiar las características bióticas de este sistema.

Con el fin de conocer la situación actual desde el punto de vista ambiental y la influencia que tiene esta ciudad en el Golfo, se han realizado tres campañas, en diciembre de 1993, noviembre de 1994 y junio de 1995 en estaciones localizadas dentro de la Bahía y en dos zonas de referencia. Se estudió la evolución de la calidad del agua desde el punto de vista físico, químico y biológico (fitoplancton y zooplancton).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se definió una grilla de estaciones separadas aproximadamente 1 milla entre sí (fig. 1). Se seleccionaron seis estaciones de referencia (tres en Playa El Doradillo al Norte y tres en Cerro Avanzado al Sur de la Bahía).

Se tomaron muestras de agua a tres profundidades con botellas Van Dorn para análisis de parámetros químicos y de fitoplancton cuantitativo. Para fitoplancton cualitativo y zooplancton se obtuvieron muestras con red de 25 μm y 200 μm respectivamente.

Los efluentes se muestrearon a distintas horas con el fin de detectar cambios a lo largo del día. Se seleccionaron cuatro efluentes que drenan hacia el Golfo Nuevo: dos correspondientes a empresas pesqueras, ubicadas al norte de la Bahía; uno correspondiente al efluente urbano de la planta de tratamiento secundario (Servicoop), ubicado hacia el centro de la Bahía; el último correspondiente a un pluvial, en la zona sur, que drena permanentemente agua de la napa freática como consecuencia de su estado defectuoso. No fue posible tomar muestras en el efluente de Aluar S.A. porque permaneció seco durante los períodos de muestreo. Esta empresa recicla el agua, utilizándola para forestación.

Para el análisis bacteriológico se tomaron muestras de efluentes, mar y playas.

Los parámetros oceanográficos se analizaron según Strickland y Parsons (1972); para efluentes (química y bacteriología) por el Standard Methods (1980). Los análisis cuantitativos de fitoplancton se realizaron con microscopio invertido "Leica" según el método de Ütermohl, mientras que los cuantitativos de zooplancton se realizaron bajo lupa binocular con cámaras apropiadas.

RESULTADOS

1. Calidad de los efluentes que drenan en la Bahía

Se han analizado las características físicas y químicas de los efluentes que llegan a la Bahía Nueva. Los valores obtenidos figuran en la tabla 1. La temperatura mostró mayor inercia en el pluvial de Moreno. Fue menor en verano y mayor en invierno que el resto de los efluentes. El pH fue de alrededor de 7,7 en todos los casos con una tendencia a disminuir en las plantas pesqueras. El oxígeno disuelto, medido en porcentaje, presentó diferencias importantes. Mientras que en el pluvial de Moreno los valores oscilaron entre 88 y 124 y en Servicoop entre 75 y 105 %, estuvieron insaturados en las plantas pesqueras, con valores mínimos de 21 % de saturación. Esta insaturación se relaciona directamente con los valores de sólidos suspendidos, alcanzando los máximos en estos efluentes. Los valores mínimos de este parámetro se observaron en el pluvial de Moreno. El nitrato fue relativamente homogéneo y con los valores máximos en este último efluente; en cambio presentó gran variabilidad en los otros. Inversamente el amonio y el fosfato fueron máximos en todos los efluentes industriales y urbano pero mínimos en Moreno.

Tabla N° 1: Promedios y desviaciones estándar de los parámetros analizados en los diferentes efluentes que llegan a la Bahía.

Parámetro	Año	Moreno	Servicoop	Alpesca	Harengus-Conarpesa
Temp. [°C]	1993	17,1 ± 0,2	21,8 ± 1,2	19,9 ± 0,4	20,9 ± 0,9
	1994	16,2 ± 1,9	16,3 ± 2,2	17,3 ± 0,5	17,70 ± 0,6
	1995	12 ± 0	5,5 ± 0,5	8 ± 0	5,8 ± 0,8
pH	1993	7,7 ± 0,0	7,7 ± 0,2	7,5 ± 0,4	7,4 ± 0,1
	1994	7,7 ± 0	7,6 ± 0	7,4 ± 0,1	7,6 ± 0,1
	1995	7,9 ± 0,1	7,8 ± 0	6,9 ± 0,1	7,8 ± 0,0
O2 [ppm]	1993	8,33 ± 0,65	6,43 ± 1,75	3,47 ± 0,58	5,53 ± 0,94
	1994	8,50 ± 2,40	7,10 ± 1,10	2,03 ± 0,09	2,10 ± 1,10
	1995	9,70 ± 1,30	12,75 ± 0,25	6,95 ± 0,35	10,00 ± 0,40
O2 [%]	1993	124,1 ± 9,8	104,9 ± 27,6	54,9 ± 9,4	88,9 ± 14,7
	1994	88,3 ± 23,9	75,0 ± 9,1	21,3 ± 9,6	22,1 ± 11,7
	1995	91,4 ± 12,4	100,8 ± 0,8	58,9 ± 3,0	79,4 ± 4,4
Cond. (25°C) [µmhos/cm]	1994	5464,2 ± 856,9	6209,9 ± 468,5	855,08 ± 16,0	1207,2 ± 265,9
	1995	3557,0 ± 0	2108,0 ± 26,0	2159,75 ± 26,0	2057,1 ± 24,0
Sol.Susp. [mg/l]	1993	4,6 ± 1,24	79,3 ± 23,4	106,8 ± 87,9	529,5 ± 173,7
	1994	20,1 ± 16,6	50,3 ± 13,0	750,0 ± 542,4	398,8 ± 151,2
	1995	9,7 ± 2,2	101,4 ± 7,4	29,3 ± 4,3	136,5 ± 17,5
N (NO3) [mg/l]	1993	7,81 ± 4,89	0,56 ± 0,21	0,39 ± 0,17	0,02 ± 0,02
	1994	5,90 ± 0,80	4,20 ± 1,30	0,53 ± 0,0	0,02 ± 0,02
	1995	4,26 ± 0,02	0,03 ± 0,01	15,33 ± 0,13	0,39 ± 0,21
N (NO2) [mg/l]	1993	0,06 ± 0,00	0,51 ± 0,23	0,03 ± 0,01	0,01 ± 0,01
	1994	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,20 ± 0,10	0,00 ± 0,00
	1995	0,01 ± 0,00	0,12 ± 0,0	0,14 ± 0,05	0,06 ± 0,00
N (NH4) [mg/l]	1993	0,14 ± 0,01	34,77 ± 1,77	115,70 ± 7,86	53,80 ± 9,40
	1994	0,30 ± 0,20	25,20 ± 0,50	29,60 ± 1,20	74,40 ± 17,60
	1995	0,10 ± 0,00	36,50 ± 1,00	7,50 ± 2,90	21,90 ± 7,20
P (PO4) [mg/l]	1993	0,23 ± 0,08	3,19 ± 0,52	18,78 ± 3,26	20,76 ± 2,69
	1994	0,10 ± 0,10	3,50 ± 0,50	20,61 ± 3,20	16,63 ± 1,9
	1995	0,20 ± 0,02	3,92 ± 0,11	6,66 ± 0,22	2,54 ± 0,73

La bacteriología correspondiente a los efluentes se puede observar en la tabla 2. En todos los casos analizados, las mayores concentraciones de coliformes totales, ($> 10^5$ UFC/100 ml), se presentaron en el efluente Conarpesa-Harengus; en algunos casos con valores superiores a 10^3 coliformes fecales. Los efluentes de Servicoop y de Alpesca mostraron una gran variabilidad asociada posiblemente, a un control ineficiente. El efluente de Moreno presentó valores más homogéneos, con tasas de coliformes totales de 10^4 UFC/100 ml.

Tabla N° 2: Datos de la bacteriología de los efluentes.

Estación y fecha	Coliformes totales (UFC/100 ml)	Coliformes fecales (UFC/100 ml)	(CF/CT x 100)
Conarpesa (3/94)	$9,2 \times 10^5$	$2,1 \times 10^2$	0,02
Harengus (6/94)	$1,6 \times 10^5$	$2,2 \times 10^2$	0,14
(12/94)	$2,4 \times 10^6$	$2,4 \times 10^3$	0,10
Alpesca (4/94)	$3,5 \times 10^4$	$4,9 \times 10^2$	1,40
(6/94)	$1,3 \times 10^2$	$0,33 \times 10^2$	25
Servicoop			
(3/94)	$2,4 \times 10^5$	$1,1 \times 10^2$	0,05
(6/94)	$1,3 \times 10^3$	$0,11 \times 10^2$	0,85
(12/94)	$1,6 \times 10^4$	$5,4 \times 10^2$	3,33
Pluvial Moreno	$1,7 \times 10^4 \pm 4,3 \times 10^3$ (n=4)	$2,4 \times 10^2 \pm 1,9 \times 10^2$ (n=3)	$1,55 \pm 1,3$ (n=3)

2. En la Bahía:

2.1. Diciembre de 1993: Se observó un gradiente de temperatura entre las estaciones de referencia al sur ($13,8^\circ\text{C}$) y las estaciones cercanas a la costa ($15,5^\circ\text{C}$). La salinidad mostró diferencias entre las estaciones alejadas y cercanas a la costa (fig 2a). El oxígeno se encontró sobresaturado excepto en las estaciones costeras del norte donde se observó una ligera insaturación (95%) (fig. 2b). Los nutrientes analizados (nitrato, amonio, fosfato y silicato) presentaron comportamientos similares: fueron bajos en las estaciones de referencia o las más alejadas y aumentaron gradualmente hacia la costa con picos máximos en algunas estaciones (fig. 2c y 2d). Tanto el nitrato como el amonio mostraron concentraciones elevadas con tensiones de oxígeno disuelto relativamente menores (fig. 3b). El nitrato no fue detectable en las estaciones de referencia, alcanzó valores de $0,4 \mu\text{M}$ en la línea externa y $0,8 \mu\text{M}$ en las estaciones costeras (fig. 4b). El amonio presentó concentraciones de $0,25 \mu\text{M}$ hacia el norte, $0,75 \mu\text{M}$ hacia el sur y picos hasta $5,2 \mu\text{M}$ en las cercanías del Muelle Piedrabuena (fig. 4a). El fosfato mostró valores de $0,8$ a $0,9 \mu\text{M}$ en las estaciones de referencia; $1 \mu\text{M}$ en las estaciones alejadas de la costa y entre $1,2$ y $1,3 \mu\text{M}$ en estaciones costeras frente a efluentes industriales o de descarga de la napa freática. El silicato aumentó desde $2,8$ - $3,0 \mu\text{M}$ en las estaciones de referencia a $3,5$ - $4,4 \mu\text{M}$ en la costa; mostró una correlación positiva y significativa con el fosfato ($r=0,52$; $P>99,9$) (fig. 3a). Tanto la

clorofila "a" como la materia orgánica particulada (fig. 4c), mostraron una distribución bastante homogénea en toda la Bahía. La clorofila "a" presentó sin embargo, valores más elevados en la zona costera sur ($0,7 \text{ mg.m}^{-3}$) que disminuyeron hacia la zona externa de la Bahía ($0,35 \text{ mg.m}^{-3}$). En las estaciones de referencia los valores fueron de $0,57 \pm 0,04 \text{ mg.m}^{-3}$ (n=3) al norte y $0,65 \pm 0,19 \text{ mg.m}^{-3}$ (n=3) al sur. La concentración de materia orgánica particulada fue de $428 \pm 228 \text{ mg.m}^{-3}$ (n=38).

La figura 5 muestra la distribución y abundancia espacial de fitoplancton. La densidad media fue de $2 \times 10^6 \pm 1 \times 10^6 \text{ cél/l}$ (n=14). El desvío observado se debe a que las estaciones de referencia y las más externas presentaron valores menores de 10^3 cél/l , en tanto que en las estaciones más cercanas a la costa los órdenes de abundancia alcanzaron 10^6 cél/l . La composición taxonómica se detalla en la tabla 3 con 32 taxa determinadas. Los nanoflagelados se presentaron con mayor abundancia en las estaciones más externas constituyendo el 99% de la muestra en una de ellas. En las estaciones costeras *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* fue la especie más abundante, con un máximo de 75% del total en el muelle Storni. Las estaciones de la zona norte, presentaron una abundancia de *Alexandrium tamarense* junto con *Pseudo-nitzschia australis*. Las especies de mayor ocurrencia en las muestras fueron: *Alexandrium tamarense*, *Cylindrotheca closterium* y *Nitzschia longissima*.

Fueron observadas 29 taxa de zooplancton (Tabla N° 4). Los valores de ocurrencia igual o mayor al 50% fueron observados para los copépodos *Paracalanus parvus* (100%), *Acartia tonsa*, *Centropages brachiatus*, *Oithona* sp., *Ctenocalanus parvus* y *Calanus australis*, el cladóceros *Evadne nordmanni* (100%), apendicularios, huevos y larvas de peces, larvas veliger de moluscos gastrópodos, mientras el resto de las taxa se presentaron con una ocurrencia baja y muy baja. La abundancia relativa de los distintos grupos de organismos fue muy variable. *A. tonsa*, *P. parvus* y *O. helgolandica*, fueron más abundantes en las estaciones costeras coincidiendo con altas densidades de *A. tamarense*, *P. pseudodelicatissima* y *P. australis*, mientras *C. brachiatus*, *C. australis* y *C. vanus* lo fueron en las estaciones alejadas de la costa y de referencia. *E. nordmanni*, los apendicularios y los huevos y larvas de peces (fam. Scienidae) mostraron levemente, una mayor abundancia en estaciones alejadas de la costa. Contrariamente las larvas de crustáceos y de otros invertebrados fueron más numerosas en las estaciones costeras. La distribución total de zooplancton fue relativamente homogénea en toda la Bahía, observada a partir de rangos de abundancia (1, 3, 6 y 9) (Figura N° 6).

2.2. Noviembre de 1994:

La temperatura presentó un comportamiento similar a la campaña anterior. Fue más elevada en la rada ($15,3 \pm 0,80^\circ\text{C}$) y más baja en las estaciones de control ($13,7^\circ\text{C}$ en el Doradillo y $13,0^\circ\text{C}$ en Cerro Avanzado). En la rada se ha registrado un aumento que va de norte a sur ($14,1$ a $16,0^\circ\text{C}$). La temperatura de fondo en Cerro Avanzado ha sido 1°C menor que en superficie. Esta ha aumentado en las estaciones del Este ($1,5$ a $2,5^\circ\text{C}$). En las restantes la variación no superó los $0,5^\circ\text{C}$.

La salinidad mostró algunas zonas con valores menores hacia la costa, $33,72$ a $33,78 \text{ g/l}$. Estos contrastaron con concentraciones de $34,0 \text{ g/l}$ para el resto de las estaciones (fig. 7). Los valores han disminuido con la profundidad, comportamiento que coincide con el observado el año anterior en verano y que puede atribuirse a evaporación por las temperaturas elevadas y/o un mayor tiempo de estadía del agua en la rada. La dilución que parece observarse en ésta, podría estar asociada al aporte de agua dulce desde la ciudad, sumada a una cierta estabilidad del agua en sentido horizontal, que dificulta la mezcla. Fosfato y nitrato en superficie y materia orgánica

en fondo reflejaron esta situación, con valores más elevados

sobre la costa (fig. 7) que en el resto de la Bahía. Los valores medios observados en las estaciones costeras han sido, 1,6 μM , 0,80 μM y 600 $\mu\text{g/l}$ respectivamente. En el resto de las estaciones, las concentraciones medias han sido de 1,0 μM para fosfato, 0,30 μM para el nitrato y 300 $\mu\text{g/l}$ para la materia orgánica. Un pico de 1,06 μM de nitrato se presentó en el muelle L. Piedrabuena (fig 8a). Nitrato, nitrito, amonio y fosfato mostraron una tendencia a disminuir con ligeros incrementos de oxígeno disuelto (fig 8b y 8c). Estos perfiles, sumados a la disminución de nitrato con el aumento de la temperatura (fig 8a), se relacionan con un consumo por parte de productores primarios (macrofitas y fitoplancton).

El amonio mostró en general una distribución similar a la salinidad, con concentraciones entre 0,0 y 0,3 μM en la costa y mayores de 0,4 en las estaciones más alejadas. Sin embargo en el muelle Piedrabuena se ha observado un pico de 5,2 μM , asociado a las actividades portuarias que allí se realizan.

La estación 22 (muelle Piedrabuena) es indicadora del aporte antrópico. Se han presentado los mayores valores de nitrato, nitrito, amonio y fosfato.

El silicato en superficie ha disminuido hacia la costa desde $9,1 \pm 2,6 \mu\text{M}$ en la pierna exterior hasta $6,5 \pm 1,3 \mu\text{M}$. El valor mínimo ha sido de 4,19 μM (estación 21). En Cerro Avanzado las concentraciones han sido de 6,14 μM , mientras que en El Doradillo han sido mayores (7,94 μM). (fig. 9).

La clorofila “a” en superficie y fondo aumentó hacia la costa desde 0,20 a 0,40 $\mu\text{g/l}$, coincidiendo con valores bajos de amonio y silicato. Los valores máximos se encontraron en el muelle Piedrabuena (0,7 $\mu\text{g/l}$) en superficie y en la estación 14 en fondo (1,13 $\mu\text{g/l}$).

El oxígeno disuelto permaneció saturado en todas las estaciones con excepción del muelle Piedrabuena con 90% de saturación.

La abundancia del fitoplancton (fig.5) presentó variaciones entre 4×10^3 y $4 \times 10^4 \text{ cél.l}^{-1}$, registrándose las mayores densidades hacia el norte de la Bahía. La composición taxonómica se detalla en la tabla 3 con 43 taxa determinadas. Las estaciones con mayor diversidad fueron las más cercanas a la costa con más de 20 especies. Las diatomeas constituyeron el principal componente del fitoplancton. Las especies más abundantes fueron las de los géneros *Chaetoceros* y *Leptocylindrus*; esta última fue la única observada en la totalidad de las muestras. Los dinoflagelados fueron importantes en las estaciones más cercanas a la costa, representando el 35 % del número total en la estación 11. La especie tóxica *Alexandrium tamarense* presentó su forma vegetativa en la estación 17; sin embargo es llamativa la presencia de quistes de reposo detectados en las muestras de plancton en las estaciones 21 y 11. Se destaca la presencia de la especie productora de Veneno Diarreico de Moluscos (VDM), *Dinophysis acuminata*, en todas las estaciones de muestreo.

En el zooplancton fueron observados 27 taxa (Tabla N° 4). Dentro de los copépodos, *Paracalanus parvus*, *Oithona similis* (= *O. helgolandica*) y *Acartia tonsa* se presentaron con una ocurrencia del 100%, mientras *Oithona* sp. y *Centropages brachiatus* lo hicieron con un 50%. Los cladóceros *Evadne nordmanni* y *Podon intermedius* se presentaron con 100 % y 50 % de

ocurrencia, respectivamente. Con más del 50 % de ocurrencia fue observado *Oikopleura* sp. (Appendicularia). El resto del zooplancton, comprendiendo 9 taxa con formas larvales planctónicas presentaron una menor ocurrencia porcentual en las muestras. La abundancia zooplanctónica total osciló entre 52 i / m^3 y 4125 i / m^3 , con una media de 1241 i / m^3 (n= 8). Entre los copépodos dominaron *A. tonsa* y *P. parvus*, siendo ambas especies más abundantes en las estaciones costeras de la Bahía y llegando a los máximos de 1916 i / m^3 en la estación 18 (*A. tonsa*) y 982 i / m^3 en la estación 20 (*P. parvus*). *O. similis* y *Oithona* sp. con valores de abundancia algo menores mostraron sus máximos también en las estaciones costeras y en la estación 5 de referencia hacia el Norte de la Bahía. Dentro de los cladóceros, *E. nordmanni* fue la especie más abundante llegando a un máximo de características de “bloom” en la estación 5, con 3817 i / m^3 , valores menores en estaciones intermedias y bajos en las más costeras. Finalmente las larvas de *Balanus* sp. y poliquetos fueron notoriamente más abundantes en las estaciones costeras mientras los huevos y larvas de peces lo fueron en las estaciones externas de la Bahía. La figura N° 6 muestra la distribución aproximada del zooplancton total en la Bahía.

2.3. Junio de 1995:

La temperatura promedio en la rada fue de $12,7 \pm 0,65^\circ\text{C}$. Los valores más bajos se dieron en la zona W-NW, con un mínimo de $11,5^\circ\text{C}$ frente a la zona industrial pesquera y aumentaron en el resto de las estaciones ($13,4^\circ\text{C}$ en las estaciones más alejadas de la costa) y en las estaciones de referencia (13°C). Las temperaturas de fondo fueron en general las mismas que en superficie. La salinidad en superficie aumentó desde el SE con valores de $34,54 \text{ g/l}$, hacia el NW con un máximo de $34,90 \text{ g/l}$. Las concentraciones de oxígeno se encontraron siempre dentro de valores de saturación. Con bajas temperaturas, el oxígeno disuelto y la salinidad se mantienen elevados, mientras que cuando aquella aumenta, ambos parámetros tienden a disminuir (fig 10b). Esto sugiere un débil intercambio de agua con el resto del Golfo en la zona norte de la rada.

Parámetros como fosfato y amonio presentaron concentraciones más elevadas cerca de la costa. En el primer caso, con picos de $1,55$ y $1,66 \mu\text{M}$ en el muelle Piedrabuena y frente al parque pesquero respectivamente. Para el amonio, se observaron picos de hasta $13,4 \mu\text{M}$ frente a Servicoop y zonas de $2,0 \mu\text{M}$ cerca de la costa, mientras que se mantuvieron valores de $0,5 \mu\text{M}$ en el resto de las estaciones. Los valores más elevados de materia orgánica ($300\text{-}500 \mu\text{g/l}$), se encontraron en la parte norte de la Bahía y cerca de la costa. La relación con la temperatura y con el nitrato es inversa (fig 10a).

Las concentraciones más bajas de nitrato se encontraron hacia el norte ($2,4 \mu\text{M}$), mientras que en el resto de la Bahía se registraron concentraciones mayores de $3,0 \mu\text{M}$. En las estaciones de referencia se observaron valores intermedios ($2,8 \mu\text{M}$). Los niveles fueron un orden de magnitud superior a los de verano y primavera. No se observaron diferencias significativas con las concentraciones de fondo. La relación con la temperatura es directa (fig 10c). Bajos valores de materia orgánica coinciden con bajas temperaturas en la zona norte de la rada. Bajas concentraciones de nitrato y fosfato fueron coincidentes con altas de silicato, en particular frente al parque industrial (Fig 10d).

La clorofila “a” aumentó hacia la costa desde $0,50$ a $0,90 \mu\text{g/l}$, con valores superiores a los de primavera. En fondo (estación 16) se presentaron las máximas concentraciones ($4,04 \mu\text{g/l}$).

La figura 5 muestra la distribución y abundancia de fitoplancton. La abundancia presentó variaciones entre 3×10^4 y $1,5 \times 10^5 \text{ cél.l}^{-1}$, registrándose el valor máximo en la estación 12

(frente al parque pesquero) y el mínimo en la estación 23. En la tabla 3 se detalla la composición taxonómica con 43 taxa determinadas. Las estaciones con mayor diversidad fueron las correspondientes a las estaciones del norte, con un máximo de 18 especies. Las diatomeas constituyeron, en general, el principal componente del fitoplancton, superando siempre el 80 % del total. Los dinoflagelados sólo alcanzaron el 4 % en la estación 23, mientras que los nanoflagelados llegaron al 16 % en esta misma estación. Las únicas especies que fueron observadas en la totalidad de las muestras fueron las diatomeas *Cocconeis* sp. y *Thalassionema nitzschioides*. Las estaciones más costeras estuvieron caracterizadas principalmente por el género *Chaetoceros*. Entre las diatomeas las especies más abundantes fueron *Chaetoceros decipiens*, *Cylindrotheca closterium*, *Skeletonema costatum* y *Pseudo-nitzschia australis* y entre los dinoflagelados las pertenecientes al género *Protoperidinium*. No se observó la especie productora de VPM.

El zooplancton estuvo representado por 24 taxa (Tabla N° 4). Con 100 % de ocurrencia en las muestras se observaron los copépodos *P. parvus* y *O. nana*, siguiéndole *O. similis* con un 80%. Entre los cladóceros, *E. nordmanni* y *Podon intermedius* se presentaron con un porcentaje de ocurrencia similar cercano al 60 %. Dentro de las larvas, las velíger de Gastrópoda fueron las de mayor ocurrencia observándose en un 80% de las muestras. Los valores hallados de abundancia total zooplantónica oscilaron entre 12 y 346 i / m³ con una media de 88 i/m³. Las estaciones con una mayor abundancia fueron la estación 4 (de referencia al norte de la Bahía), la estación 18 y la estación 11. *P. parvus* fue más abundante en la estación 11 y en las estaciones más costeras mientras *O. similis* y *O. nana* lo fueron en las estaciones 4 y 18. En esta última estación cercana al muelle Storni fue observable una gran variedad de copépodos fitófilos y ligados al sustrato bentónico lo que puede explicarse por las características someras de la misma. La figura N° 6, muestra la distribución total en la Bahía, con mayor concentración hacia el norte.

2.4. Bacteriología: Desde el punto de vista bacteriológico, la tabla N° 5 presenta datos de coliformes totales y coliformes fecales obtenidos en el mar y en playas frente a la ciudad. Frente a las pesqueras, las concentraciones de coliformes totales y fecales fueron elevadas, superando ampliamente los límites de la legislación provincial (1000 coliformes/100 ml). Las concentraciones disminuyeron hacia el Sur de la Bahía y fueron mínimos frente a Punta Este, una estación alejada de la influencia de la Ciudad. Los bajos valores en la playa indicarían que los mecanismos de retención de bacterias por soportes sólidos (arena) son eficientes.

Tabla N° 5: Bacteriología del mar y de las playas.

Estación y fecha	Coliformes totales (UFC/100 ml)	Coliformes fecales (UFC/100 ml)	(CF/CT x 100)
Mar (Parque Ind. Pesq.) 11/94	5.400	3.500	66,7
Mar (Servicoop) 11/94	1.600	2	0,13
Mar (Moreno) 11/94	49	14	28,6
Mar (Punta Este) 11/94	0	0	
Playas (6 estaciones).	281 ± 368 (n=8)	10 ± 9 (n=8)	6,5 ± 6,2 (n=8)

3. Comparación de los valores medios de los efluentes con los de la Bahía.

Las concentraciones medias totales de algunos de los parámetros aportados por los efluentes (nitrato + nitrito, fosfato y silicato), son dos a cuatro órdenes de magnitud superiores a las concentraciones medias de todas las estaciones de la Bahía. La figura N° 11 muestra, para los cuatro efluentes, estos parámetros que tienen influencia en el comportamiento de la flora marina (fitoplancton y algas macrofitas). El oxígeno disuelto presentó un comportamiento inverso con valores por debajo de la saturación. No se han podido conocer los caudales correspondientes a estos efluentes, aunque se podrían estimar. Para el pluvial de Moreno, alrededor de 300 m³/día; es constante a lo largo del día. Servicoop, entre 6.000 y 8.000 m³/día, con una variabilidad asociada al uso del agua para riego. Efluente de pesqueras, entre 200 y 1000 m³/día; la gran variabilidad está asociada a la actividad industrial de las empresas.

DISCUSIÓN

Con referencia a los efluentes que vierten en la bahía:

En función de los valores obtenidos y de las concentraciones estipuladas por la legislación provincial vigente (ley N° 1503) para la calidad de efluentes que se vierten en aguas marinas, se observa que la temperatura, el pH y el oxígeno disuelto se encuentran dentro de los rangos normales.

El único efluente que mantiene su contenido de sólidos suspendidos totales, por debajo del umbral permitido por la legislación (50mg/l) es el pluvial de Moreno. Servicoop se encuentra en el límite o lo duplica. Alpesca muestra una situación crítica en el verano con valores excesivamente altos, posiblemente atribuibles a inconvenientes en la planta de tratamiento. Harengus-Conarpesa siempre excede el límite en dos órdenes de magnitud.

Aunque no existe una legislación provincial que contemple el ingreso de nutrientes

generadores de eutroficación a un cuerpo receptor, es evidente que el aporte a la Bahía de nitrato, amonio y fosfato es muy importante.

Desde el punto de vista físico, suponiendo un caudal total de ingreso de efluentes y agua de la napa freática del orden de los $15.000 \text{ m}^3/\text{día}$ y un volumen de la cuenca receptora de $4 \times 10^8 \text{ m}^3$, el tiempo necesario para su colmatación sería de $2,6 \times 10^4$ días. Esto permitiría suponer que no se afectaría la calidad de las aguas de la Bahía, por la gran dilución que se produce cuando los efluentes llegan a ésta. Sin embargo, varios parámetros indican que el impacto de la ciudad de Puerto Madryn se manifiesta dentro de la Bahía. Entre éstos, la bacteriología y los elementos nutritivos como nitrógeno y fósforo que son utilizados por el fitoplancton y algas macrofitas para su crecimiento.

Podemos calcular el aporte de los efluentes, en términos de nitrógeno inorgánico (nitrato + nitrito + amonio), sobre la Bahía Nueva, considerada entre Punta Arco y Punta Este. Teniendo en cuenta:

- a) un aporte medio (sobre las tres campañas analizadas) de 318 Kg N/día desde la ciudad;
- b) una concentración de N inorgánico de base en la Bahía de 21 mg/m^3 (tomada con las medias de las estaciones de referencia de todas las campañas realizadas).
- c) un volumen de la Bahía de $4 \times 10^8 \text{ m}^3$.

El aporte es de $0,8 \text{ mg N.m}^{-3}.\text{día}^{-1}$. Esto representa el 3,8 % diario de aportes de nitrógeno a la Bahía (equivalentes a 1392 % por año de nitrógeno).

Bahía Nueva:

Con referencia a la situación anterior a este estudio, uno de los primeros estudios químicos realizados en esta Bahía se remonta al año 1978 (De Vido y Esteves), con el análisis de dos años de muestreos en el muelle "A. Storni". Llamó la atención en ese momento, la existencia de agua insaturada de oxígeno disuelto. Esto podría haberse debido a la degradación de las algas, como consecuencia de los "arribazones" ocasionados por los vientos pero también al aporte de agua industrial de una empresa pesquera, (Ventura S.A.M.C.I., hoy cerrada), que operaba muy cerca de esa estación. Ésta emitía efluentes líquidos con valores de DBO_5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno) excesivamente elevados. Se observó un aumento en la productividad primaria en la zona costera. Durante el verano, se detectó un brusco incremento de nitrato, cuyo origen en ese momento no pudo determinarse, pero podría estar asociado a un aporte externo a la Bahía, como una surgencia (upwelling) o por acción antrópica.

Durante el período 1978/79, se realizaron estudios químicos en veintidós estaciones de la Bahía Nueva, (Esteves y col., 1981). Se pudo concluir que existen surgencias en ciertas épocas del año, generadas por el viento cuando sopla en una dirección particular (Suroeste). No parece existir un ciclo definido en la surgencia pero por datos anómalos obtenidos en el mes de octubre de 1979, este fenómeno no sería aislado. La consecuencia de este tipo de proceso es un cambio del agua de la Bahía por agua proveniente de la zona profunda del Golfo Nuevo.

Se ha observado la existencia de picos agudos y elevados de clorofila "a" en los dos muelles "Luis Piedrabuena" y "A. Storni" y valores más constantes con picos más atenuados en una estación de referencia ubicada al sur de la Bahía (frente a la Estación de balizamiento "Golfo Nuevo"). Esta es una de las primeras indicaciones de la influencia de la actividad portuaria en la Bahía.

La influencia de Puerto Madryn sobre la Bahía Nueva (Esteves y De Vido, 1980), se analizó con datos de salinidad y temperatura. Se observó una disminución de la salinidad en estaciones costeras, coincidentes con vertidos costeros perfectamente identificados. El análisis mes a mes permitió observar una mayor inercia en los cambios de salinidad de la Bahía Nueva con respecto a Cerro Avanzado. Esto es un indicio de un mayor tiempo de estadía de las aguas dentro de la Bahía. Se observó el ingreso de agua menos salina y fría por el lado Sur de Bahía Nueva, indicando la dirección Sur a Norte del agua en esta zona del Golfo.

En agosto de 1987, por pedido del entonces Intendente de Puerto Madryn, se realizó un nuevo estudio de la Bahía (Esteves, 1987). Entre las conclusiones de ese momento figura el hecho de que ésta mostraba una incipiente eutroficación, con incremento de materia orgánica y de nutrientes minerales. Estos son utilizados con mayor intensidad cuanto mayor es la concentración de los mismos, produciendo un incremento de la materia orgánica, mayor consumo de oxígeno y problemas de anoxia. Esta situación era inexistente en los estudios realizados en los años 78/80 y es un reflejo de la actividad industrial y de la presión urbana de ese momento que había aumentado de manera considerable. Ya que la Bahía no parece tener un intercambio muy dinámico con el resto del Golfo, se vio la necesidad de establecer sistemas que minimicen los vertidos de contaminantes en la misma. Se sugería finalmente, un control al menos trimestral de la calidad del agua de la Bahía.

En cuanto a los resultados obtenidos en este informe, en diciembre de 1993, las estaciones costeras se han caracterizado por valores relativamente mayores de salinidad, nutrientes más elevados (nitrato, nitrito, amonio, fosfato, silicato) y tensiones menores de oxígeno disuelto. Estas condiciones están asociadas a un aporte externo (desde tierra) de agua dulce enriquecida en nutrientes y con insaturación de oxígeno disuelto. Esto se confirma con los valores encontrados en los efluentes que llegan a la Bahía.

En noviembre de 1994, el muelle Piedrabuena mostró un aporte antrópico de nutrientes como nitrato, nitrito, amonio y fosfato, que podría estar asociado a las actividades de carga y descarga de productos de la pesca. Las isolíneas muestran sobre la costa menores valores de salinidad (dilución) y mayores de nutrientes (nitrato, fosfato) y materia orgánica en fondo provenientes posiblemente, de un aporte externo. Se ha observado igualmente que los nutrientes tienden a disminuir con un aumento del oxígeno disuelto. Este proceso, relacionado con la fotosíntesis, se desarrolla en la rada.

En Junio de 1995, se pueden identificar dos zonas dentro de la rada; una al norte, frente al parque industrial, caracterizada por temperaturas y nitrato bajos, salinidad, amonio y materia orgánica altas. La zona sur presenta valores de temperatura más altas, amonio y materia orgánica más bajas. Se podría asociar la zona norte con un mayor tiempo de estadía del agua en la rada.

Es interesante observar la evolución de las estaciones de referencia. En las del sur (Cerro Avanzado) han podido observarse concentraciones relativamente bajas de oxígeno disuelto, bajas temperaturas y elevados valores de nutrientes. En las del norte (El Doradillo), el oxígeno es elevado, las temperaturas y los nutrientes bajos. Estas variaciones en las estaciones de referencia marcan, por una parte, las diferencias entre las dos zonas escogidas. El segundo aspecto a considerar se relaciona con el movimiento de agua en la zona oeste del Golfo. Si la corriente fuera de norte a sur, el aumento de nutrientes en el sur estaría relacionado al aporte por parte de la Ciudad a través de los efluentes o de la napa freática que percola sobre la playa. Esto presupondría además un consumo muy bajo o nulo por parte de los productores primarios (macrofitas o fitoplancton) dentro de la Bahía. Si la corriente fuera inversa, es decir, de sur a

norte, habría un aporte desde el mar y desde la Ciudad. Como consecuencia de la fotosíntesis por parte de los productores primarios en la rada, el agua se empobrecería de nutrientes y se incrementaría el oxígeno disuelto. En Junio, las estaciones de referencia, tanto al norte como al sur, muestran concentraciones muy similares de los parámetros analizados.

Teniendo en cuenta que la circulación de agua en el Golfo San Matías, es en sentido ciclónico (Esteves y col., 1995) y la probable circulación similar en el Golfo San Jorge (Commendatore y col., 1996), podemos pensar que el movimiento del agua en el Golfo Nuevo sería del mismo sentido y por lo tanto las estaciones de referencia, deberían ubicarse hacia el sureste de la Bahía.

La gran variabilidad en cuanto a la distribución de las taxa de fitoplancton es indicativa de una distribución heterogénea, en donde la calidad del agua favorece el desarrollo de distintas especies. Las mayores abundancias de fitoplancton se observan dentro de la Bahía. Las estaciones de referencia así como las más alejadas se caracterizan por la presencia de nanoplancton. *Alexandrium tamarense* se ha presentado en las campañas de primavera y verano, con un aumento de su densidad en la zona de mayor concentración de nutrientes. Se destaca también la abundancia de las diatomeas productoras de Veneno Amnésico de Moluscos (VAM), *P. pseudodelicatissima* y *P. australis* y de la especie productora de Veneno Diarreico, *D. acuminata*. La mayoría de las especies de mayor ocurrencia son citadas como características de ambientes costeros con impacto antrópico (Bodeanu, 1992). Hallegraef (1995) ha demostrado que el impacto por eutroficación beneficia la proliferación de algas nocivas.

Dentro del zooplancton de la Bahía Nueva, los copépodos *P. parvus*, *O. helgolandica* y *A. tonsa*, son especies costeras y estuarina en el último caso (Hoffmeyer, 1983) que además, han sido señaladas como indicadoras de eutroficación de las aguas (Uye *et al.*, 1992). El alto contenido de materia orgánica y de fitoplancton en las estaciones más costeras estaría indicando la dominancia de estos y la ausencia de otras especies que exhiben una mayor abundancia en estaciones alejadas de la costa.

El fitoplancton fue más abundante y menos diverso en invierno que en primavera. La composición en primavera estuvo caracterizada en general por Diatomeas, sin embargo los Dinoflagelados estuvieron representados por especies del género *Ceratium* y *Protoperidinium* con porcentajes de abundancia importantes en las estaciones ubicadas al sur de la Bahía. Vale destacar en primavera la existencia de quistes de reposo de *A. tamarense* inoculadas a la columna de agua; si las condiciones ambientales son propicias pueden favorecer el desarrollo de dichas poblaciones, como sucedió en el verano 1988 y 1993 (Esteves y col., 1992; Santinelli y col., 1995).

Los valores de fitoplancton fueron más altos en las estaciones localizadas en la zona costera al norte de la Bahía. Por otro lado se encontraron las concentraciones más elevadas de nitrato, amonio y fosfato y las concentraciones menores de silicato en la zona costera. Esta paradoja de hallar alta biomasa (medida por clorofila "a" o densidad celular) junto con elevados nutrientes sólo puede explicarse en la zona costera por un aporte externo de nutrientes o compuestos generadores de ellos (materia orgánica).

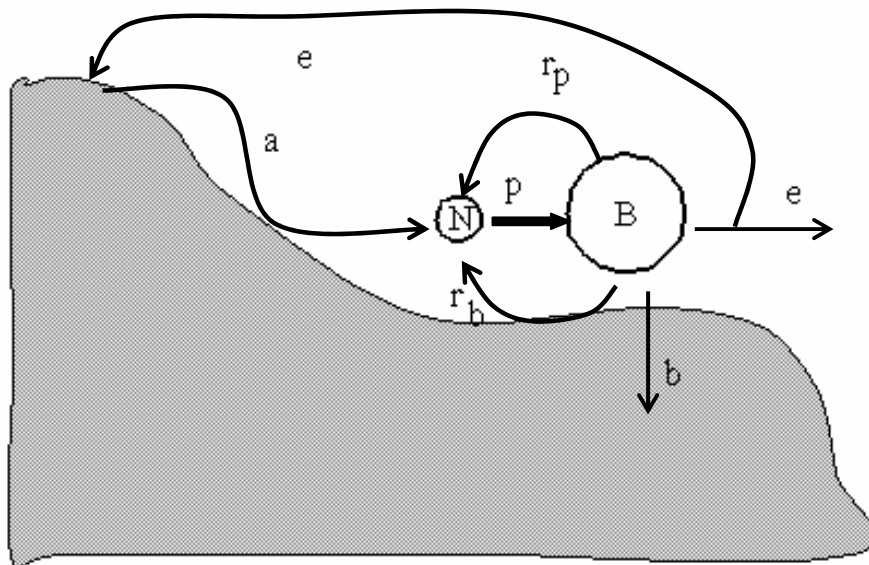
El zooplancton en cuanto a su abundancia difirió notablemente entre el muestreo de invierno y los de fines de primavera y principios de verano. En el primer caso la media por estación fue de 88 ind./m³ y en el segundo caso, noviembre de 1994, el número de individuos medio llegó a 1241 por m³. Esta diferencia se debió por un lado a las altas densidades en primavera-verano del copépodo *A. tonsa* que es una forma típica de verano y por el otro lado al

desarrollo en 1994 de un “bloom” con altas densidades del cladóceros *E. nordmanni*, especialmente observado en la estación 5 de referencia al norte de la Bahía. En las dos épocas del año se mantuvo la presencia de los copépodos costeros *O. similis*, *O. nana* y *P. parvus* en todas las estaciones costeras junto a distintas larvas planctónicas. Las bajas densidades observadas en ciertas estaciones de muestreo, tanto en primavera como en invierno estuvieron asociadas a la presencia del ctenóforo *Mnemiopsis leidyi*, un activo depredador del mesozooplankton y que por su tipo de alimentación contribuye al reciclado de nutrientes. Como ya se ha señalado para el fitoplancton, las mayores abundancias del zooplankton se ubicaron en las estaciones costeras y en las de referencia del norte, hecho que puede estar vinculado con el patrón de circulación de las aguas de la Bahía. Aunque en general la composición del zooplankton fue similar en primavera que en invierno, el número de especies disminuyó en este último caso con ausencia de huevos y larvas de peces.

El equilibrio termodinámico que se presenta en el ciclo del nitrógeno involucra una disminución de amonio ante el aumento de nitrato (nitrificación) o un aumento de amonio con disminución de nitrato (producción anaeróbica de amonio). En la zona costera se observa aumento de estos dos parámetros, índice de un aporte externo. El aumento de concentración de los nutrientes en invierno respecto de la primavera, responde al menor consumo por parte de los productores primarios.

Cuando la eutroficación de un sistema es generado por el hombre, sigue una secuencia de eventos: a) incremento de N y P; b) aumento en la productividad primaria; c) decrecimiento del oxígeno disuelto y deterioro de la calidad del agua; d) desarrollo de floraciones, generalmente en detrimento de la vida marina (Gomoiu, 1992; Aubert, 1992). El agua dulce que llega a la Bahía Nueva, incorpora concentraciones elevadas de nutrientes (en particular amonio, nitrato, fosfato y silicato) y bajas concentraciones de oxígeno disuelto.

Dada la posición limitante que tiene el nitrógeno en la productividad primaria de la zona costera patagónica, los aportes desde tierra son responsables de un efecto de amplificación. Billen (com. per.) imagina la zona costera como una especie de quemostato. La alimentación del quemostato se produce a través de los aportes de nitrógeno (a); estos generan una biomasa fitoplanctónica (B) por productividad primaria (p). Una parte de esta biomasa es reciclada en el lugar (r_p y r_b), mientras que otra se pierde por exportación (e) o por enterramiento (b).



Cuanto mayor es el tiempo de estadía del agua en la Bahía, la pérdida por exportación (K_e) es menor y en lugares poco profundos el enterramiento (K_b) es menor que a grandes profundidades. Esto significa que la biomasa se recicla preponderantemente en el lugar, ya sea a nivel planctónico (K_{rp}) (masa de agua) como a nivel bentónico (K_{rb}) (sedimentos).

Billen estima las constantes de exportación y el enterramiento con un valor de 0,037/día, mientras que las constantes de reciclaje en las dos fases (planctónica y bentónica) son mayores y del orden de 0,25/día.

Aplicando la ecuación que surge de este quemostato:

$$p = a \left(1 + \frac{K_{rp} + K_{rb}}{K_e + K_b} \right) = a \left(1 + \frac{0,25}{0,037} \right) \approx 8a$$

Esto puede interpretarse como que el factor de amplificación de la productividad primaria es ocho veces el aporte de nutrientes.

Con referencia al destino de esta materia orgánica, existe una competencia entre la cadena trófica larga, es decir el pastoreo del zooplancton y los eslabones siguientes (peces) y una cadena trófica corta generada por la degradación de esta biomasa en los sedimentos. En zonas de alta concentración en materia orgánica, las bacterias aseguran la mayor parte del reciclaje de este material (Billen, 1982).

De este modelo simple podemos concluir que el aporte de materia orgánica a la Bahía, ya sea directamente por las plantas pesqueras, como por nutrientes desde la planta de tratamiento de efluentes urbanos o de la filtración de la napa freática, con generación de biomasa *in situ*, genera un impacto que desequilibra este ecosistema.

El Municipio de Puerto Madryn recolecta desde hace algunos años y con fines estéticos, las algas que llegan a la costa por arribazones. El promedio mensual recolectado fue de 1500 T, con máximos en primavera (2700 T) y mínimos durante el invierno. En el verano de 1995 la concentración de algas en peso húmedo alcanzó las 3500 T por mes, con picos en enero y febrero

de 5300 y 5000 T respectivamente (Eyras y col., 1993). En cuanto a la distribución porcentual, la lechuga de mar (*Ulva lactuca*) sería la especie dominante (32,92% peso seco), seguida por *Dictyota* sp. (27,77% peso seco) y *Codium* spp. (7,19% peso seco) (Eyras y Rostagno, 1995). La mayor acumulación se ha producido en la zona de Punta Cuevas. Según estos autores, el aumento de biomasa podría deberse a tres factores que actúan independientes o conjuntamente: la optimización de la metodología de recolección, la mayor frecuencia en intensidad de vientos del N-NE registrados en el verano del 95 o un aumento de biomasa en las praderas naturales. Teniendo en cuenta una rápida optimización de la recolección y una frecuencia de vientos normal en los últimos años, podemos inferir que existe un aumento en la biomasa de praderas naturales de algas.

Estos resultados muestran algunas de las evidencias de eutroficación en la Bahía Nueva, por lo que podemos considerarla en un proceso de eutroficación cultural.

Sugerencias para mitigar el impacto de la ciudad sobre la Bahía Nueva:

- 1) Conexiones de todas las casas al sistema cloacal. Esto permitirá establecer un único y eficiente sistema de tratamiento.
- 2) Auditoría de estas conexiones. Es necesario, a través de una resolución municipal, proceder a la confirmación de las conexiones a las cloacas, con el fin de asegurar la lenta pero paulatina depuración de la napa freática y la disminución de los impactos negativos por esta fuente, al Golfo Nuevo. Ciudades como Santos, en Brasil, han tenido gran éxito con este tipo de control. Hasta fines de 1994 y en sólo dos años llevaban auditadas más de 45.000 conexiones.
- 3) Remoción de algas. En particular durante la primavera y el verano, a causa de la brisa del Este o los vientos del Norte, el mar aporta concentraciones importantes de algas sobre la costa. La remoción de estas algas, disminuye la biomasa susceptible de degradación y el aporte de más nutrientes al sistema.
- 4) Sistema de tratamiento de agua. Se deberá implementar, en el más breve plazo, el sistema de depuración de efluentes urbanos, que evite el vertido de agua al Golfo Nuevo. Esto eliminará una de las fuentes más importantes de nutrientes al Golfo, permitirá la reutilización de las aguas tratadas con fines productivos y el manejo racional del recurso agua en una zona árida.
- 5) Tratamiento de agua en el Parque Industrial Pesquero. El funcionamiento de las plantas de tratamiento de agua de las empresas pesqueras varía entre deficiente y malo. Si bien los caudales globales son menores que los de Servicoop, la calidad de los efluentes hace que en el balance de masa, la carga de nutrientes y materia orgánica aportada a la Bahía supere el 11% del total. Esto requiere una estrategia diferente que involucre un compromiso serio por parte de las empresas para encarar el saneamiento de sus desechos. Una única planta de tratamiento para todo el parque sería quizás, una posibilidad concreta que asegure un mayor control de los efluentes y un beneficio económico más ajustado para todos los usuarios.
- 6) Monitoreo de factores físicos, químicos y biológicos en la Bahía. Entre los biológicos el seguimiento de algas nocivas, presentes en la Bahía. Por otra parte, la determinación de biotoxinas como el ácido domoico, toxinas diarreicas y veneno paralizante de moluscos.
- 7) Con referencia a los efluentes que se descargan en bahías cerradas, incorporar en la legislación provincial específica un párrafo sobre reuso de efluentes para riego.

REFERENCIAS

- Aubert M., 1992: Sanitary consequences of eutrophication and related ecological disequilibria in the marine environment. In: Science of the Total Environment, Supplement: Marine coastal eutrophication. Elsevier Sc. Publ. Amsterdam. pp. 615-629
- Bodeanu N., 1992: Algal blooms and development of the main phytoplanktonic species at the Romanian Black Sea litoral in condition of intensification of the eutrophication processes. In: Science of the Total Environment, Supplement: Marine coastal eutrophication. Elsevier Sc. Publ. Amsterdam. pp. 891-906.
- Billen G., 1982: Modelling the processes of organic matter degradation and nutrients recycling in sedimentary systems. Chapter 2, 14-52. In: Sediment Microbiology (D.Nedwell and C.M. Brown). Academic Press.
- Casas G. y Piriz M.L., 1996. Surveys of *Undaria pinnatifida* (Laminariales, Phaeophyta) in Golfo Nuevo, Argentina. *Hydrobiologia* 326/327: 213-215.
- Commendatore M., Gil M., Harvey M., Colombo J.C., Esteves J.L., 1996: Evaluación de la contaminación por hidrocarburos y metales en la zona costera patagónica. Informes Técnicos del Plan de Manejo de la Zona Costera Patagónica N° 21: 1-32.
- De Vido de Mattio N. y Esteves J.L., 1978: Estudio preliminar de la variación estacional de parametros físicos y químicos en el área de Bahía Nueva (Golfo Nuevo - Provincia del Chubut). Contribución N° 17 Centro Nacional Patagónico, pp. 1-54.
- Esteves J.L. y De Vido de Mattio N., 1980: Influencia de Puerto Madryn en Bahía Nueva mediante salinidad y temperatura. Evidencia de fenómenos de surgencia. Contribución N° 26. Centro Nacional Patagónico, pp. 1-40.
- Esteves J.L., De Vido de Mattio N., Cejas J.J. y Frontali J., 1981: Evolución de parámetros químicos y biológicos en el área de Bahía Nueva (Golfo Nuevo). Contribución N° 57 Centro Nacional Patagónico, pp. 1-25.
- Esteves J.L., 1987: Situación actual de la contaminación de la Bahía Nueva. Informe presentado al Intendente de la Ciudad de Puerto Madryn. 19 pp.
- Esteves J.L., Santinelli N., Sastre V., Diaz R. y Rivas O., 1992: A dinoflagellate bloom and P.S.P. production associated with upwelling in Golfo Nuevo, Patagonia, Argentina. *Hydrobiologia*, 242 : 115-122.
- Esteves J.L., Solís M., Gil M., Commendatore M., Sastre V., Santinelli N., Cúrtolo L., Montes M y Reinoso R., 1995: Golfo San Matías: Estudio oceanográfico y biológico. VI° COLACMAR. Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar, 23-27 de Octubre de 1995. Resumen N° 259.
- Eyras C., Rostagno M. y Piriz M.L., 1993: Estimación de biomasa y composición botánica de macroalgas que arriban a las playas de Puerto Madryn. Resultados preliminares. Jornadas Nacionales de Ciencias del Mar 1993. Resumen 34.

- Eyras M. C. y Rostagno C. M., 1995: Bioconversión de algas marinas de arribazón: experiencias en Puerto Madryn, Chubut (Argentina). *Naturalia patagónica*, 3, 25 - 39.
- Gomoiu M.T., 1992: Marine eutrophication syndrome in the north-western part of the Black Sea. In: *Science of the Total Environment, Supplement: Marine coastal eutrophication*. Elsevier Sc. Publ. Amsterdam. pp. 683-692.
- Hallegraeff G.M., 1995: Harmful algal blooms: a global overview. Chapter 1, 1-22. In: *Manual on harmful marine microalgae*. (Hallegraeff G.M., Anderson D.M. y Cembella A.D., eds). IOC-UNESCO, 551 pp.
- Hoffmeyer M.S., 1983: Zooplankton del área interna de la bahía Blanca. I: Composición faunística. *Historia Natural* 3(8) : 73-94, Corrientes, Argentina.
- Piriz M.L. y Casas G., 1994. Occurrence of *Undaria pinnatifida* in Golfo Nuevo, Argentina. *Appl. Phycol. Forum* 10:4.
- Santinelli N., Caille G. Y Lettieri A., 1995: Harmful algae and PSP toxicity along the Northern Patagonian Coast. *Harmful Algae News* 9.
- Strickland and Parsons, 1972: *A Practical Handbook of the Seawater Analysis*. Fish. Res. Bd. Canada, Bulletin 167 (Second Edition).
- Standard Methods, 1980: (For the examination of water and wastewater). APHA, AWWA, WPCF (Ed.) 15th. ed., 1134 pp.
- Uye S., Ayaki Y. y Onbé T., 1992: Seasonal geographical distribution of zooplankton in Hiroshima bay and its adjacent waters, the inland sea of Japan. *J. Fac. Appl. Biol. Sci. Hiroshima Univ.*, 31 : 99-119.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha desarrollado en el Centro Nacional Patagónico (CENPAT), en el marco del Plan de Manejo de la Zona Costera Patagónica (P.M.I.Z.C.P.), un proyecto financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (G.E.F.) a través del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (P.N.U.D.) y ejecutado por la Oficina de las Naciones Unidas para el Servicio de Proyectos (U.N.O.P.S.) y del Proyecto PI N° 147 de la Universidad Nacional de la Patagonia "San Juan Bosco" denominado: "Aspectos biológicos y dinámica de nutrientes en ecosistemas costeros perturbados: Bahía Nueva-Bahía Engaño".

Tablas y Figuras

Tabla Nº 3: Composición taxonómica del fitoplancton en las campañas realizadas.

Especie	Diciembre 1993	Noviembre 1994	Junio de 1995
Diatomeas			
<i>Chaetoceros decipiens</i>	X	X	X
<i>Chaetoceros</i> sp.	X	X	X
<i>Chaetoceros eibonii</i>			X
<i>Leptocylindrus minimus</i>		X	
<i>Leptocylindrus danicus</i>		X	X
<i>Rhizosolenia setigera</i>	X	X	X
<i>Rh. styliformis</i>		X	
<i>Coscinodiscus curvatulus</i>	X	X	X
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	X	X	X
<i>Thalassiosira</i> sp.	X	X	X
<i>Actynoptichus vulgaris</i>		X	X
<i>Biddulphia alternans</i>		X	
<i>Odontella aurita</i>			X
<i>Odontella sinensis</i>			
<i>Grammatophora marina</i>		X	X
<i>Licmophora abbreviata</i>	X	X	X
<i>L. fabellata</i>			
<i>Striatella unipunctata</i>		X	X
<i>Amphiprora alata</i>		X	X
<i>Cocconeis</i> sp.		X	
<i>Raphoneis amphicerus</i>		X	
<i>Diploneis cabro</i>		X	
<i>Toxarium undulatum</i>	X	X	X
<i>Pleurosigma normanii</i>	X	X	X
<i>P. formosum</i>		X	X
<i>P. aestuarii</i>	X	X	X
<i>Gyrosigma spencerii</i>		X	
<i>G. fasciola</i>		X	
<i>Gyrosigma</i> sp.	X	X	X
<i>Cylindrotheca closterium</i>	X	X	X
<i>Nitzschia longissima</i>	X	X	
<i>N. frustulum</i>		X	
<i>N. angularis</i>	X		X
<i>Nitzschia</i> sp.		X	
<i>Campylodiscus</i> sp.			X
<i>Skeletonema costatum</i>			X
<i>Streptothecca thamesis</i>			X
<i>Melosira</i> sp.			X
<i>Bacteriastrum furcatum</i>	X	X	X
<i>Fragilaria</i> spp.			X
<i>Synedra</i> sp.			X
<i>Amphiprora alata</i>			X
<i>Thalassionema nitzschioides</i>			

Tabla Nº 3: (Continuación)

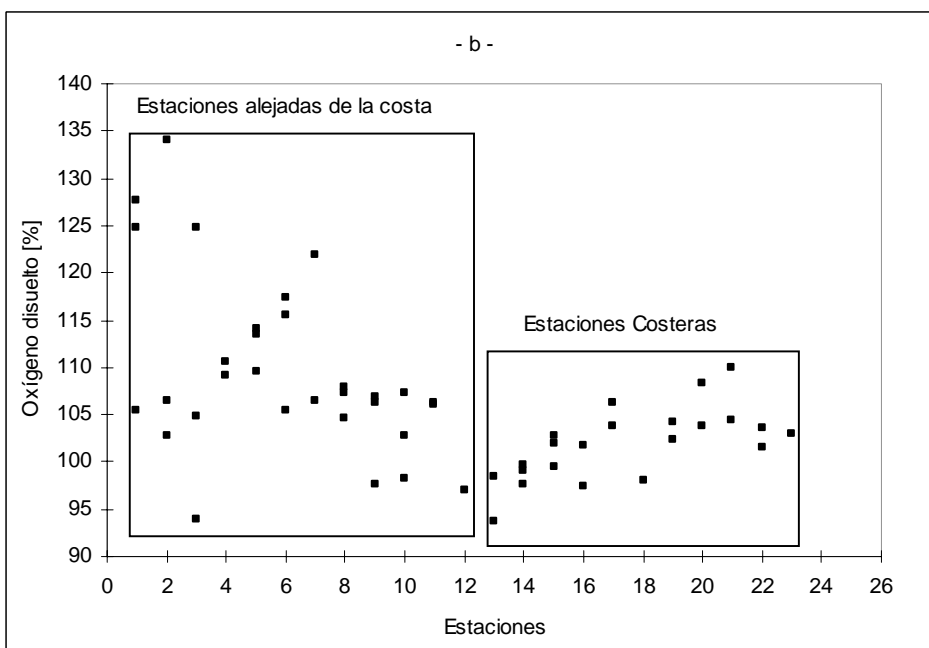
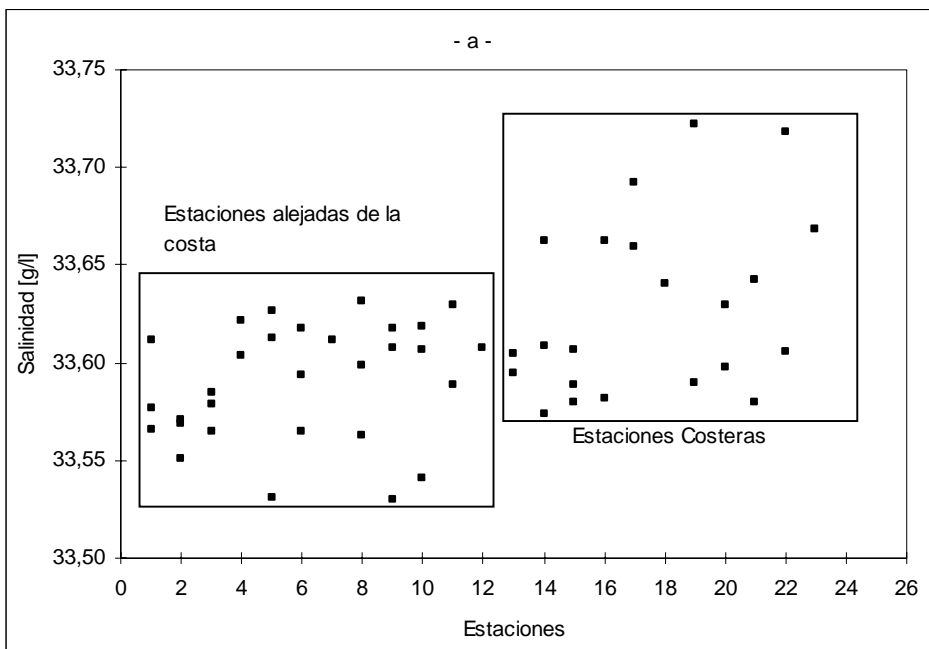
Especie	Diciembre 1993	Noviembre 1994	Junio de 1995
<i>Navicula</i> sp.			X
<i>Pseudo-nitzschia australis</i>	X		X
<i>P.pseudodelicatissima</i>	X		
DINOFLAGELADOS			
<i>Alexandrium tamarense</i>	X	X	
<i>Dinophysis punctata</i>		X	
<i>D. acuminata</i>	X	X	X
<i>Protoperidinium bispinum</i>	X	X	
<i>Protoperidinium</i> spp.	X	X	X
<i>Protoperidinium pyrum</i>	X		X
<i>P. solitarium</i>			X
<i>Gonyaulax</i> sp.	X		
<i>Ceratium tripos</i>	X	X	
<i>Ceratium fusus</i>		X	
<i>Ceratium lineatum</i>	X	X	
<i>Ceratium longipes</i>			X
<i>Prorocentrum micans</i>	X	X	X
<i>Zigabikodinium lenticulatum</i>		X	
<i>Gyrodinium</i> sp.		X	X
<i>Scripssiella trochoidea</i>	X		X
<i>Gymnodinium fusus</i>			X
<i>Amphidinium</i> sp.			X
SILICOFLAGELADOS			
<i>Distephanus speculum</i>	X	X	X
<i>Dictyocha fibula</i>	X	X	X
CLOROFICEAS	X		
CIANOFICEAS			
<i>Anabaena</i> sp.	X		
NANOFLAGELADOS <10µm	X		X

Tabla Nº 4: Composición taxonómica, frecuencia (%)

Taxa	1993	1994	1995
<i>Paracalanus parvus</i>	100	100	100
<i>Oithona nana</i>	60	63	87,5
<i>O. similis</i>		100	87,5
<i>Acartia tonsa</i>	86,6	88	25
<i>Euterpina acutifrons</i>	7	13	25
<i>Ctenocalanus vanus</i>	53,3	25	75
<i>Centropages brachiatus</i>	80	63	
<i>Calanoides carinatus</i>	26,6	50	37,5
<i>Calanus australis</i>	40	25	
<i>Tisbe sp</i>	7		12,5
<i>Harpacticus sp.</i>	7		12,5
<i>Nannopus sp.</i>			12,5
<i>Diarthrodes sp.</i>			12,5
<i>Harpacticoida no id.</i>	7	25	
<i>Harpacticoida spp.</i>			12,5
<i>Harpacticoida no id.2</i>		25	
<i>Harp. aff. Porcellidium</i>		25	
<i>Monstrilla sp.</i>		13	
<i>P. intermedius</i>			75
<i>Balanus sp. (L)</i>	13	50	25
<i>Ciona sp.</i>			37,5
<i>Brachiura (L1)</i>	13	25	
<i>Brachiura (L2)</i>	13		
<i>Porcellanidae (L)</i>	20		
<i>Ascidacea (L)</i>	20	13	
<i>Mnemiopsis leidyi (L)</i>	20	13	25
<i>Echinodermata (L)</i>	7		12,5
<i>Briozoa (L)</i>	7		
<i>Gastropoda sp. (L)</i>	40		87,5
<i>Bivalvia sp.(L)</i>	20	13	50
<i>Spionidae (L1)</i>	7	63	62,5
<i>Spionidae (L2)</i>	13	38	37,5
<i>Tubularidae (L)</i>	7		
<i>Pisces (H y L1)</i>	80	38	
<i>Pisces (H2)</i>	20	13	
<i>Obelia sp.</i>	7		
<i>Podon intermedius</i>		63	
<i>Oikopleura sp.</i>		63	50
<i>Nauplii (Cal.)</i>			62,5
<i>Evadne nordmanni</i>	100	100	75
<i>Appendicularia</i>	80		
Promedio [ind/m3]	45 (*)	1242	90

(*): rangos de abundancia

Figura N° 2: Relaciones entre parámetros químicos y estaciones en diciembre de 1993



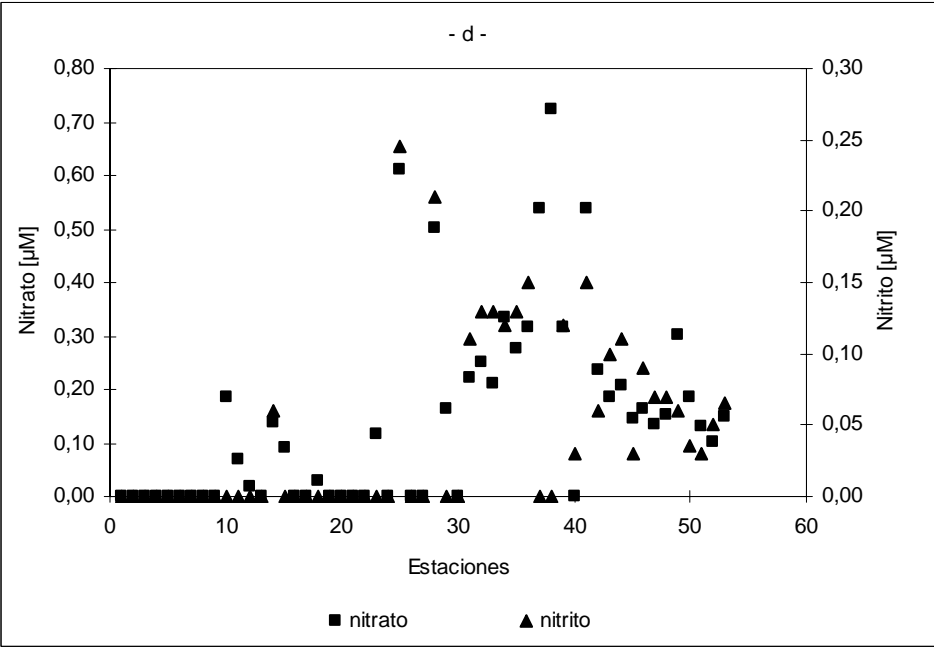
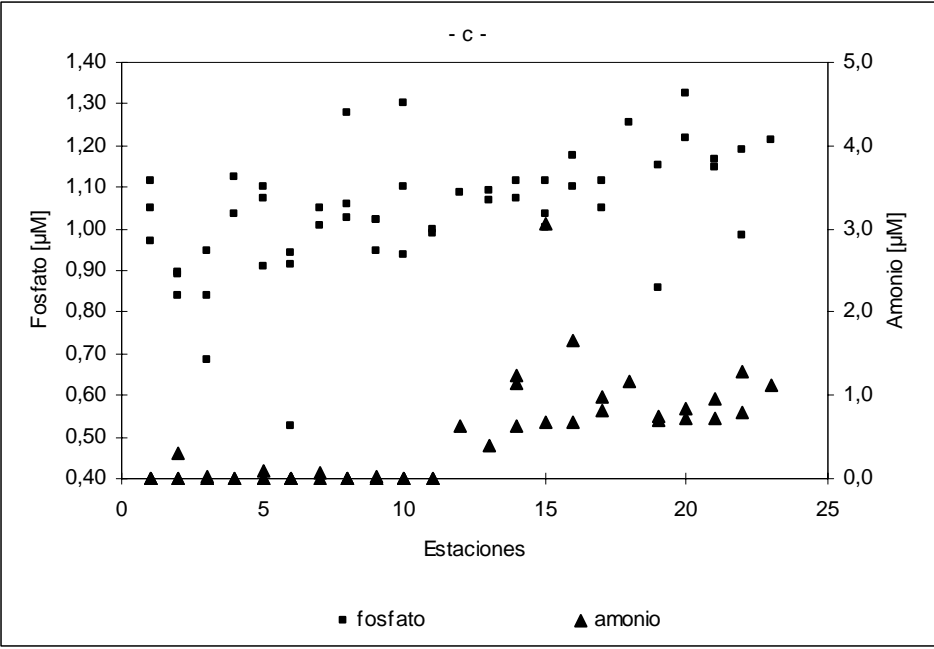


Figura N° 3: Relaciones entre parámetros químicos

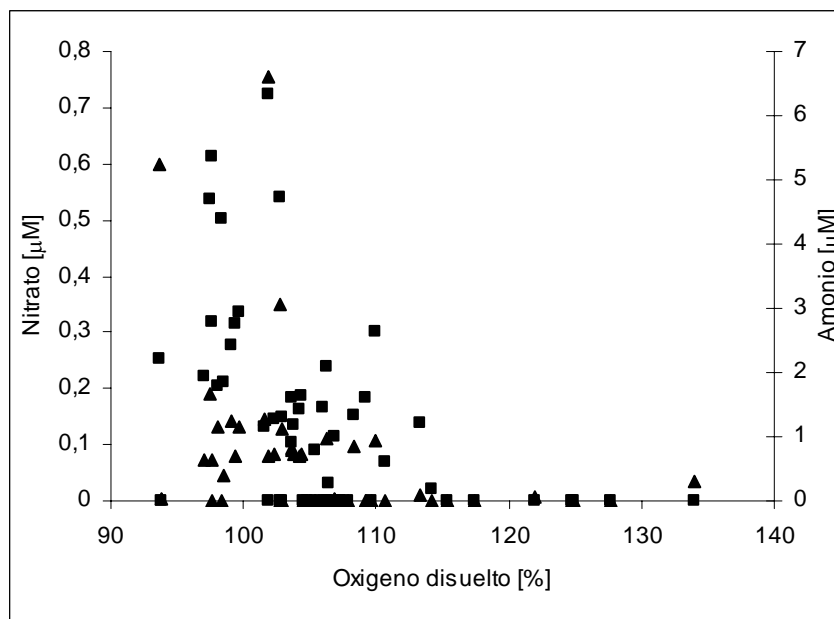
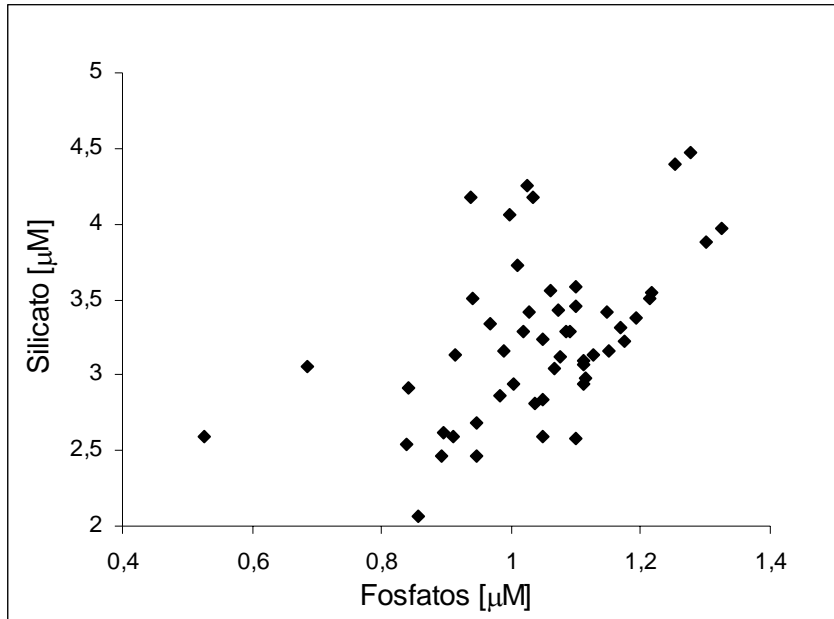


Figura 4: Parámetros químicos en Bahía Nueva Diciembre de 1993

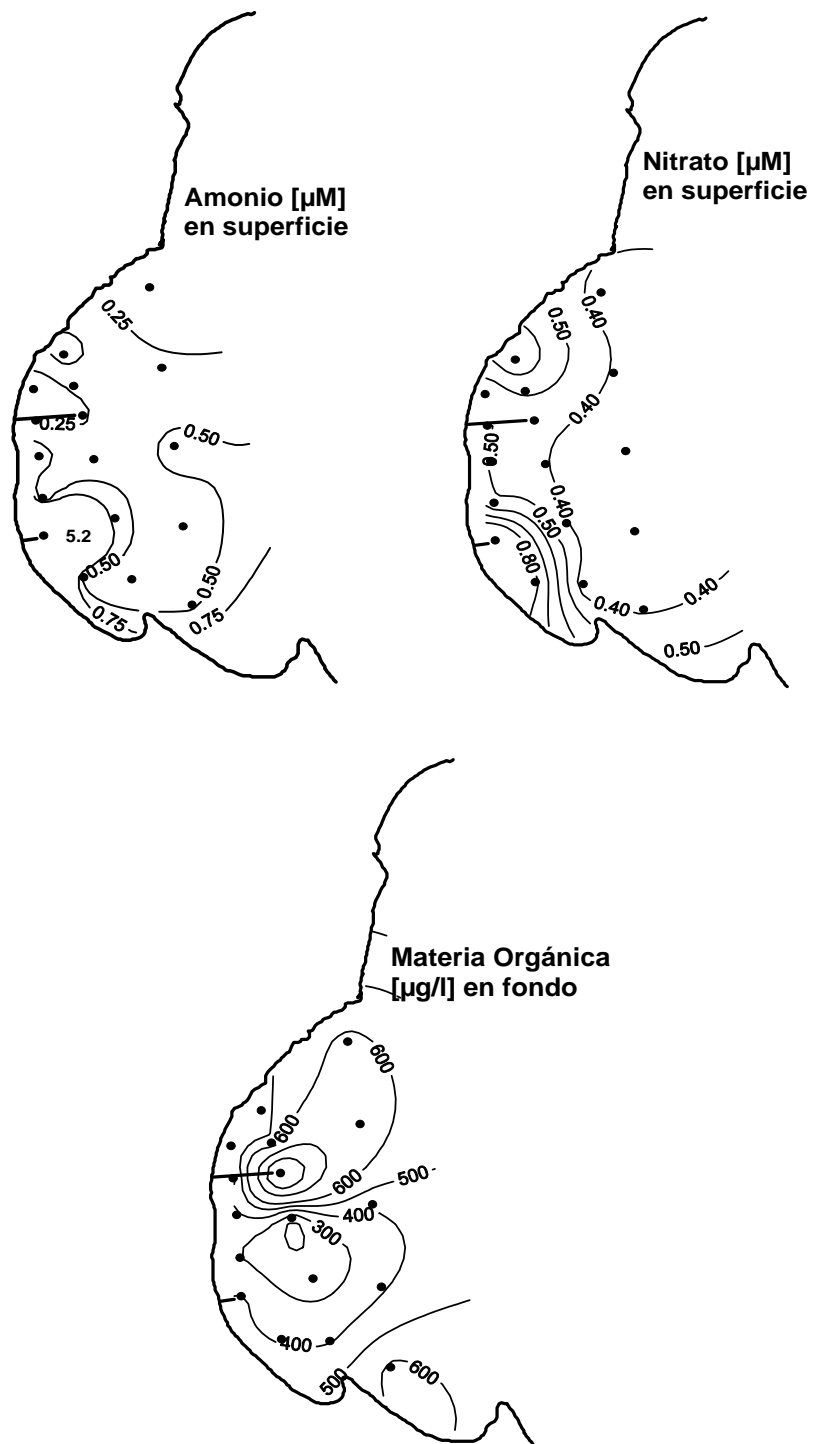


Figura 5: Distribución y abundancia espacial de fitoplancton [log Nro. cél/l]

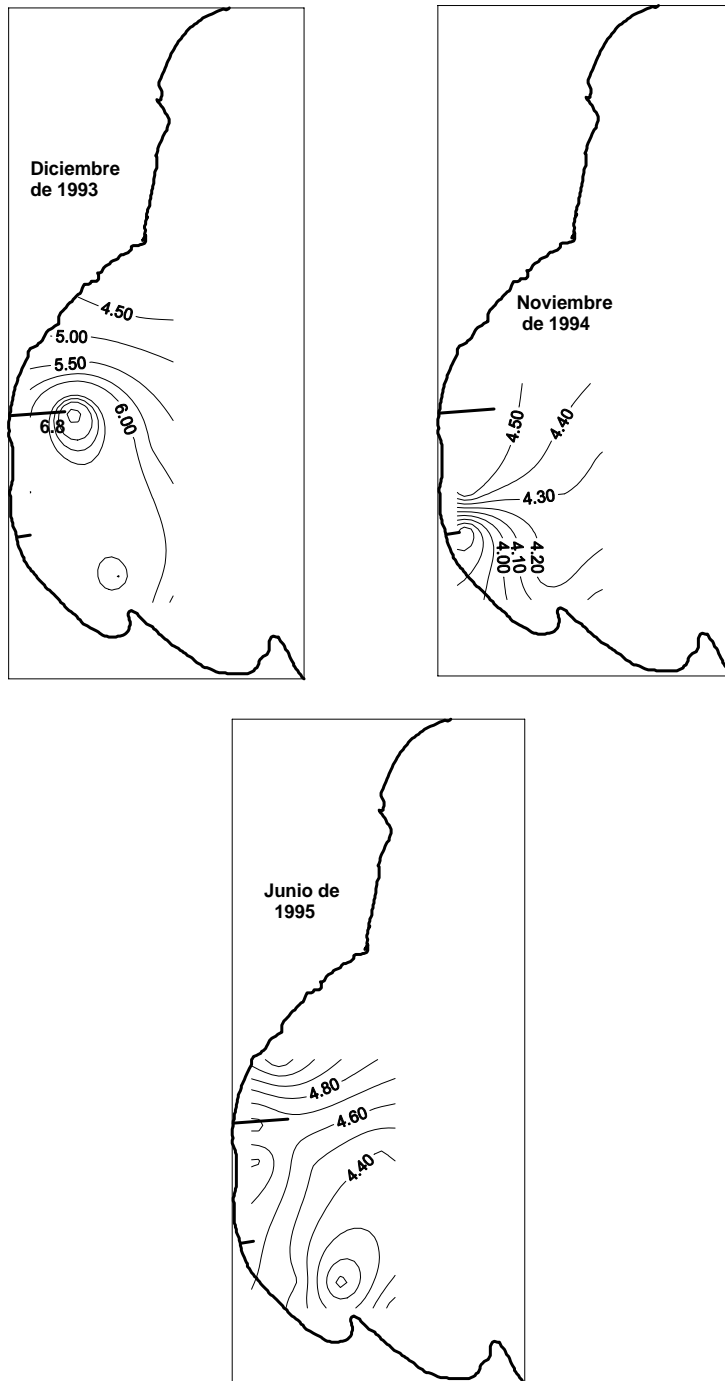


Figura 6: Zooplancton en la Bahía Nueva

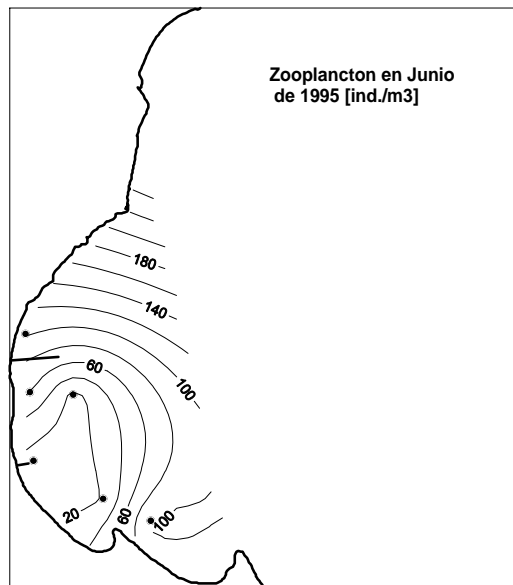
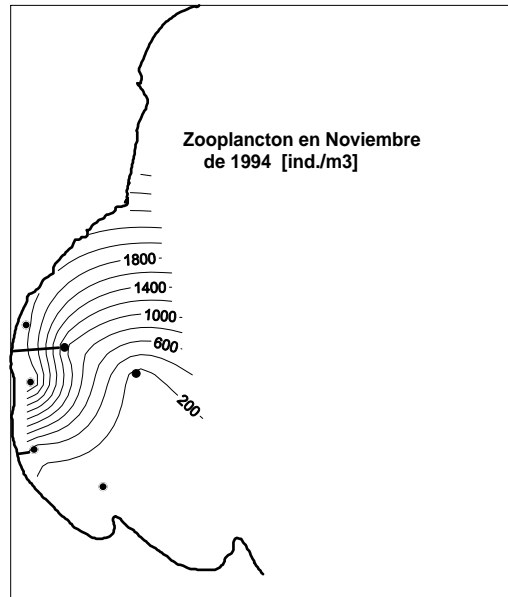
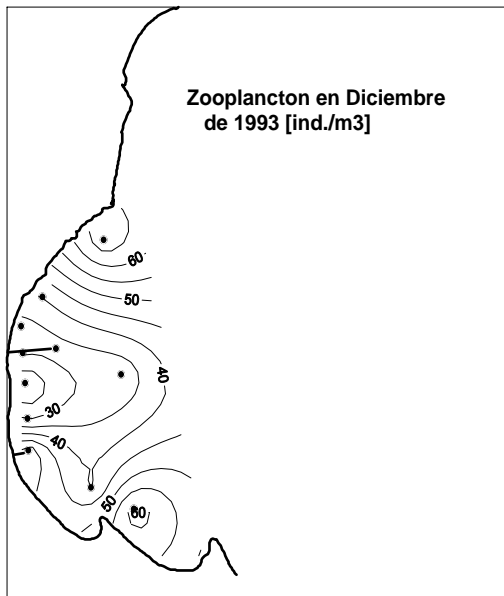


Figura 7: Parámetros químicos en Bahía Nueva Noviembre de 1994

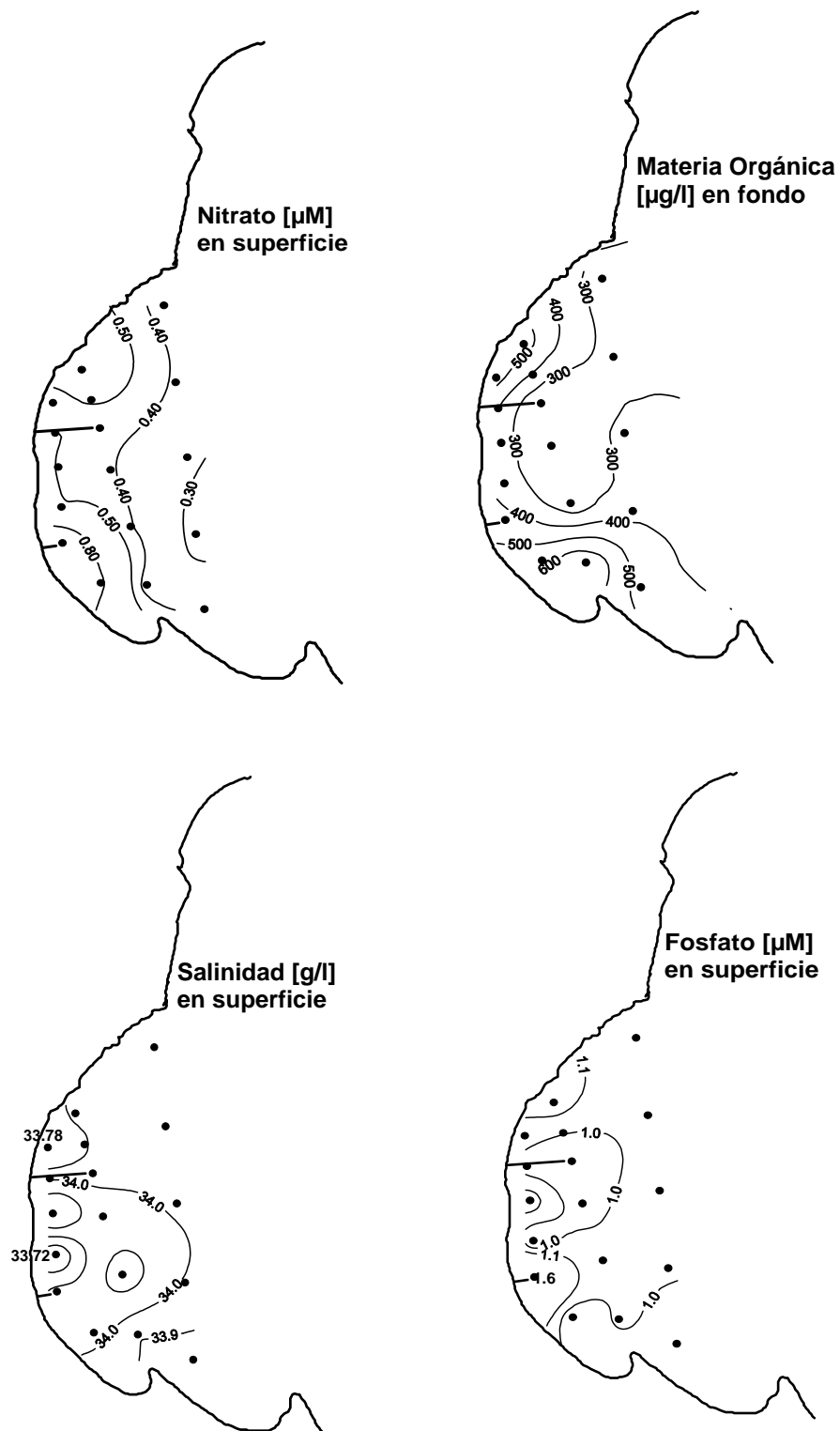
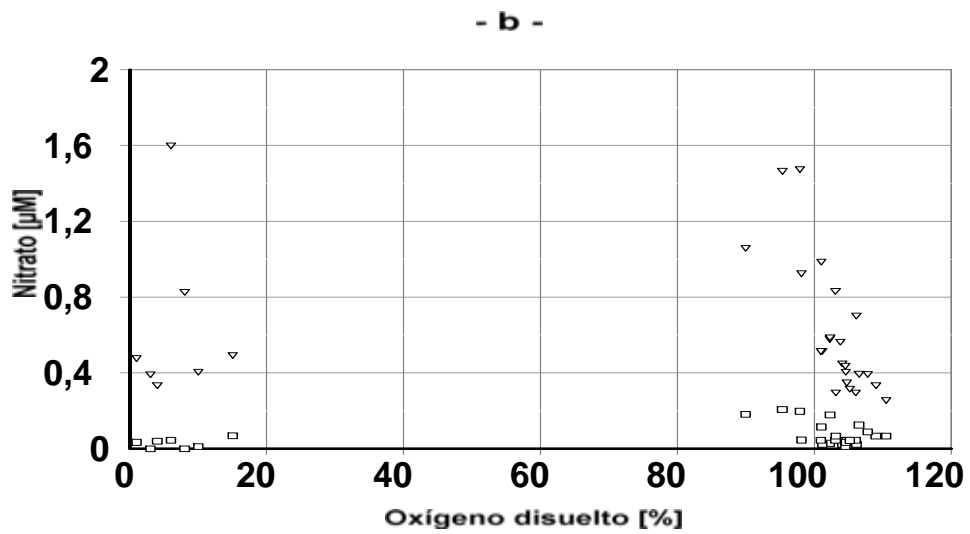
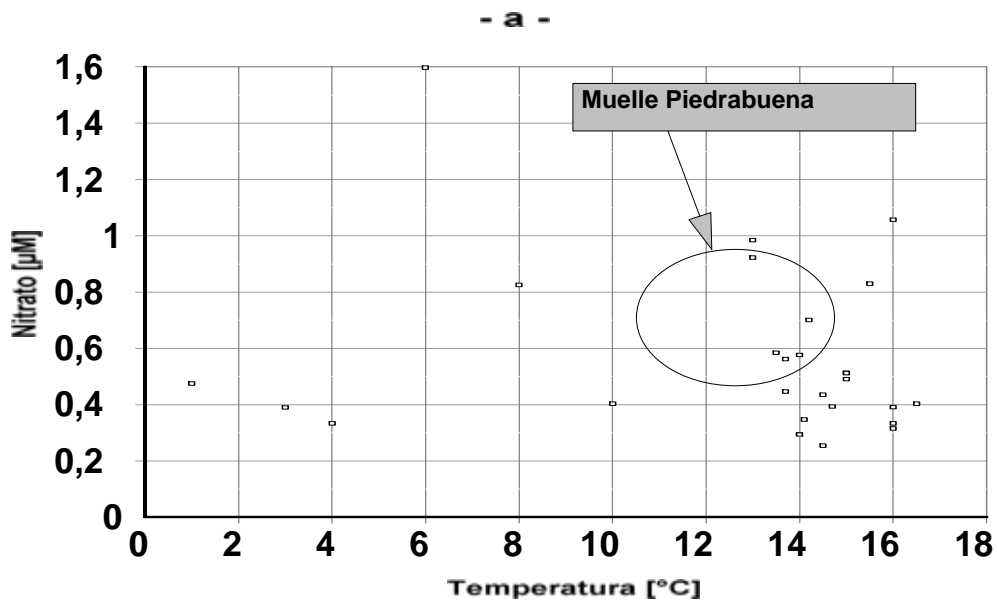


Figura N° 8: Relaciones entre parámetros químicos en Noviembre de 1994.



- C -

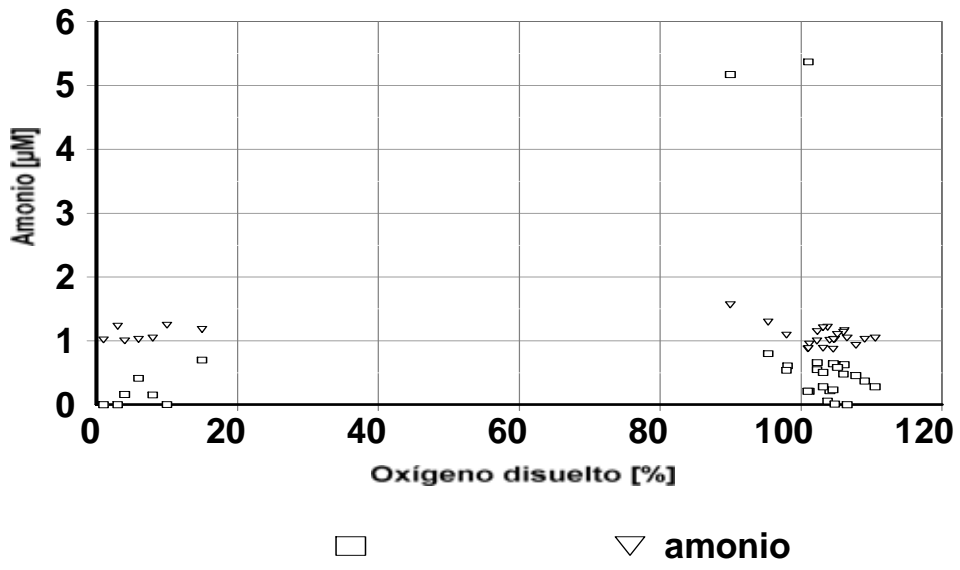


Figura 9: Concentraciones de silicato en la bahía

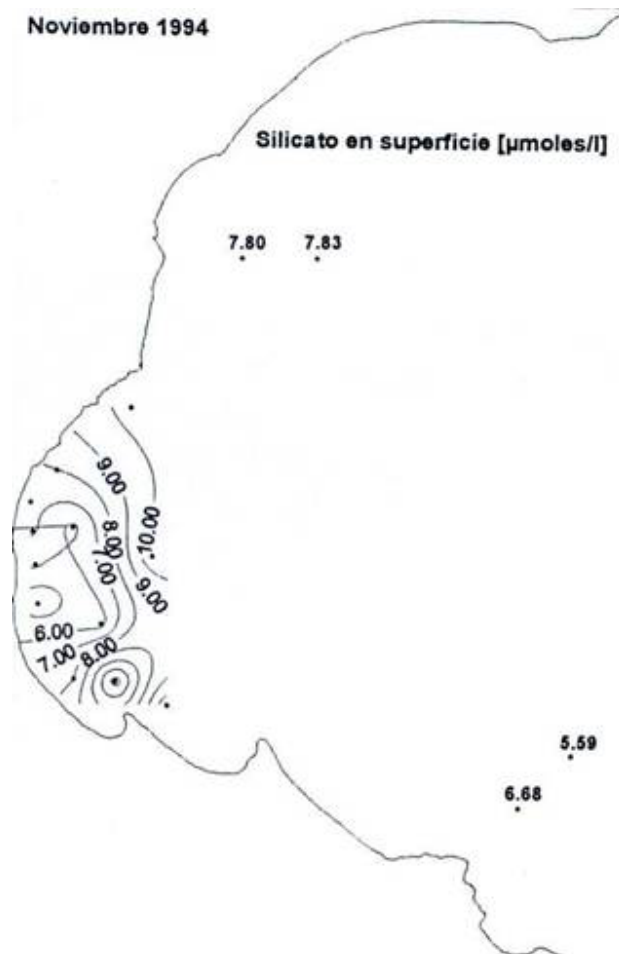
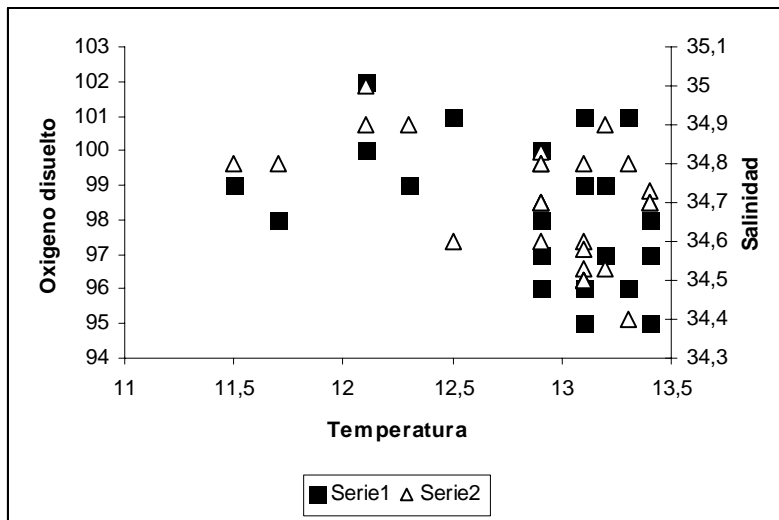
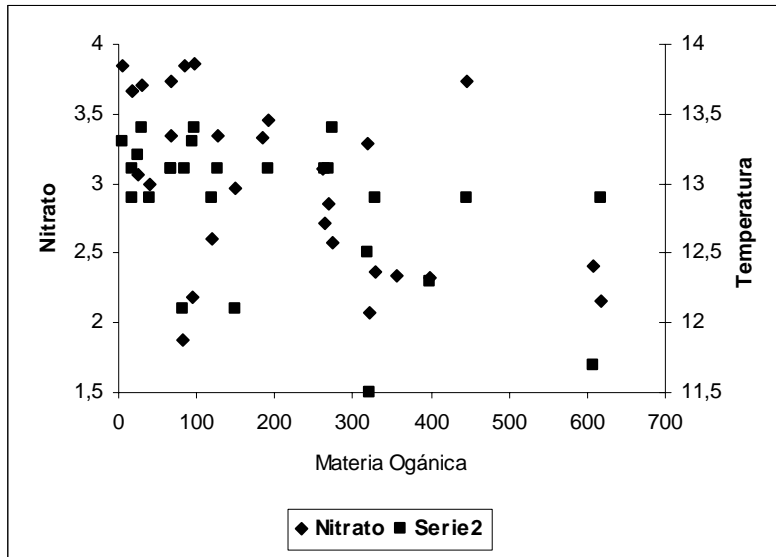


Figura N° 10: Relaciones entre parámetros químicos en Junio de 1995.



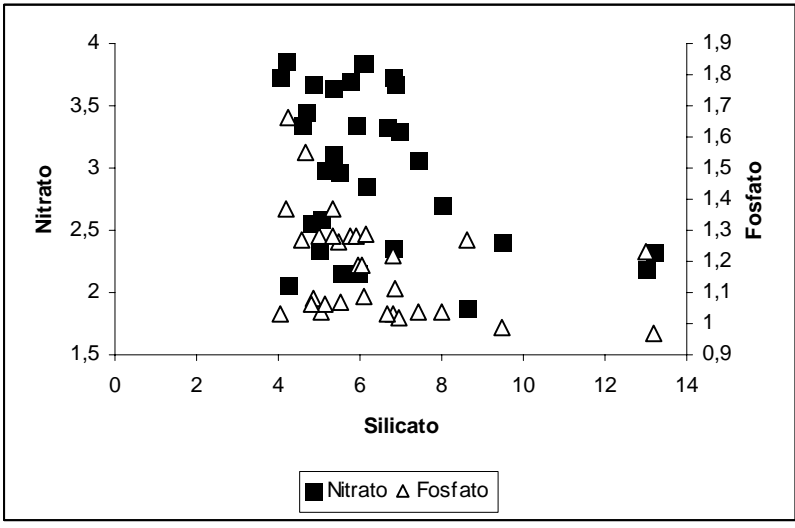
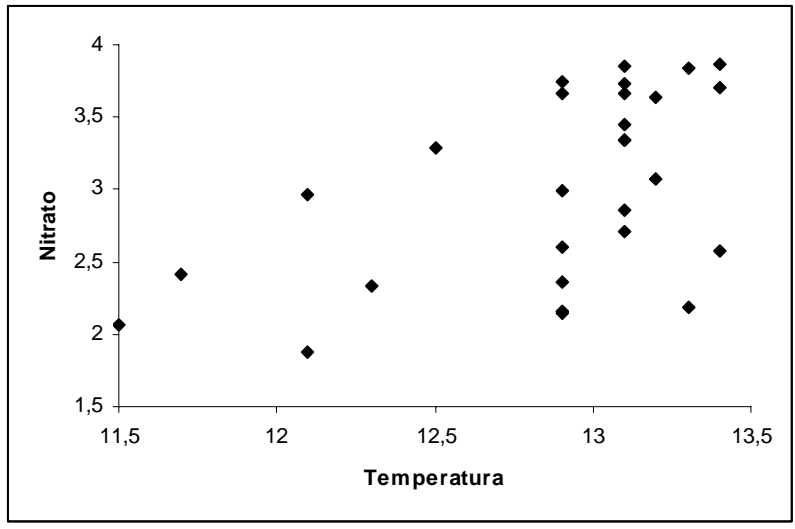
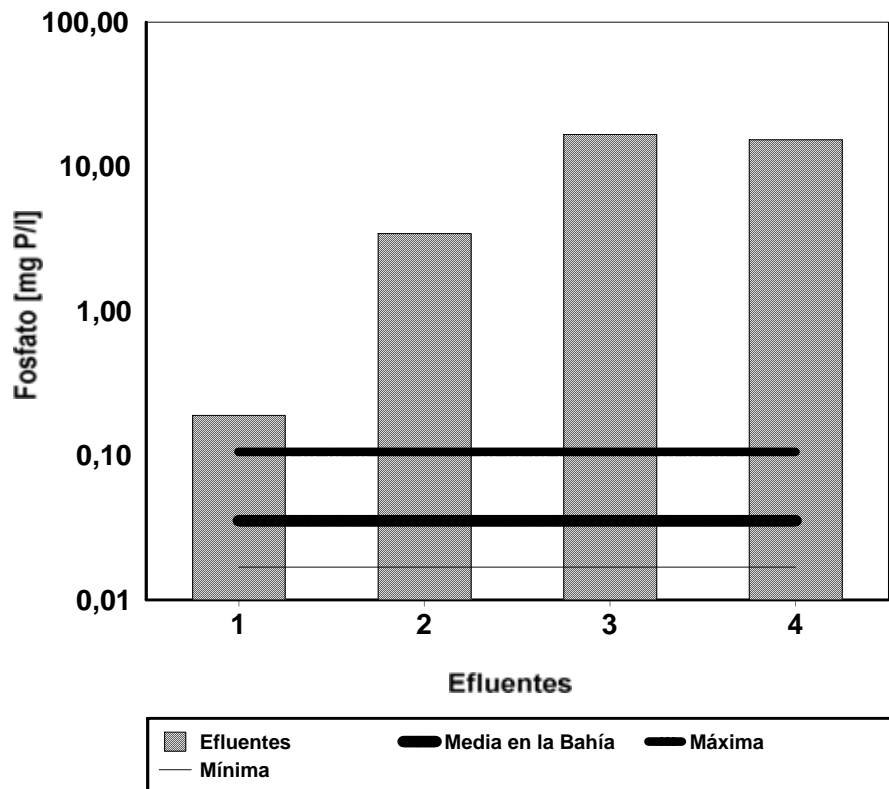
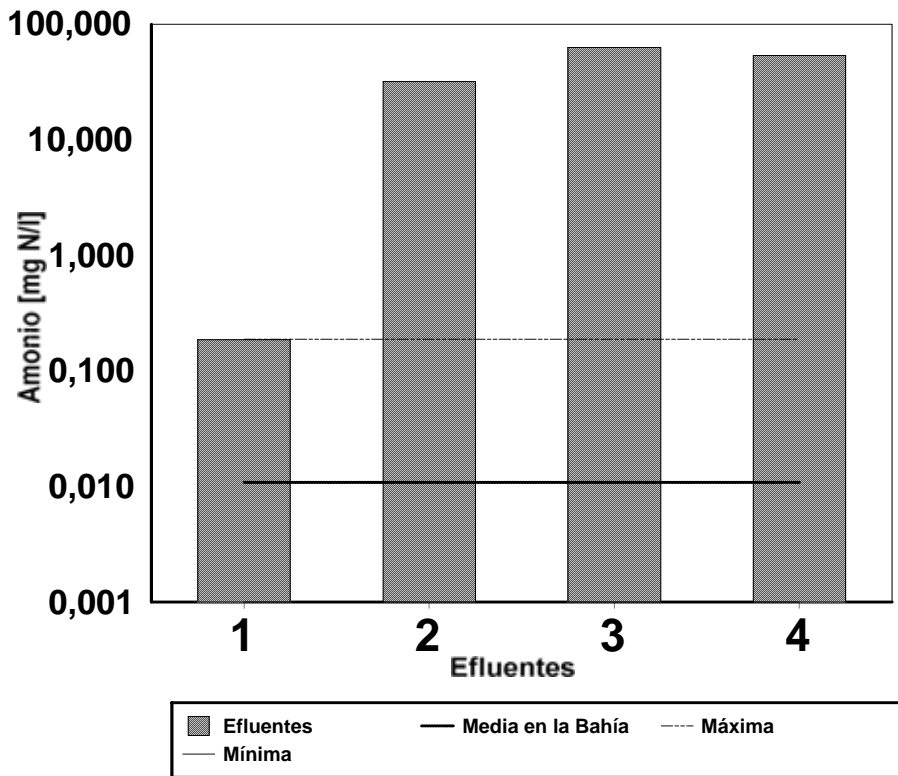
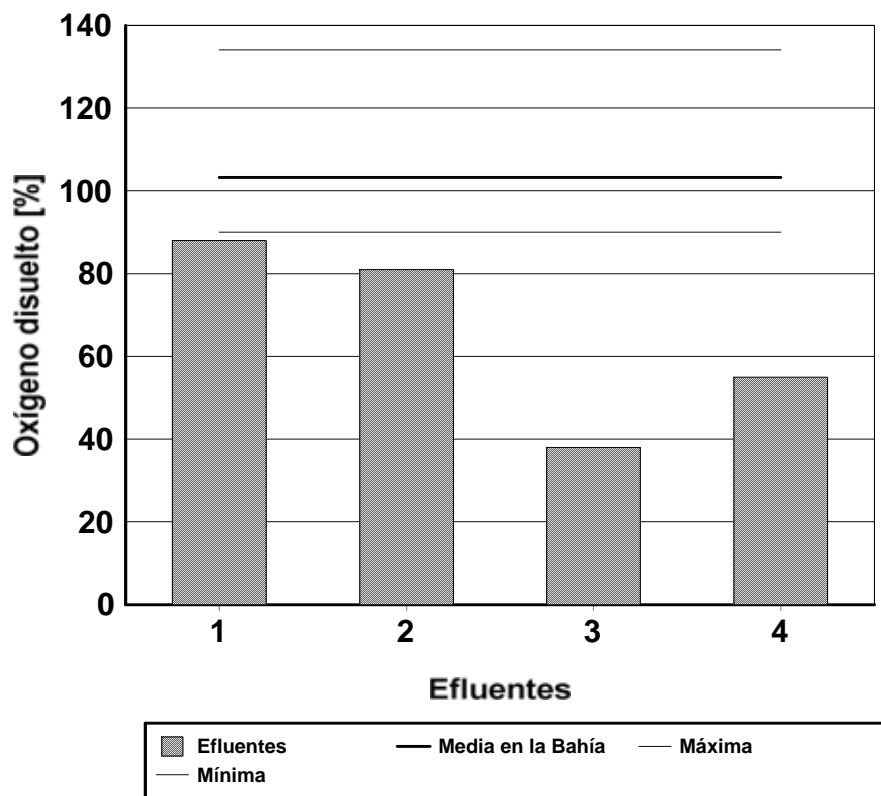
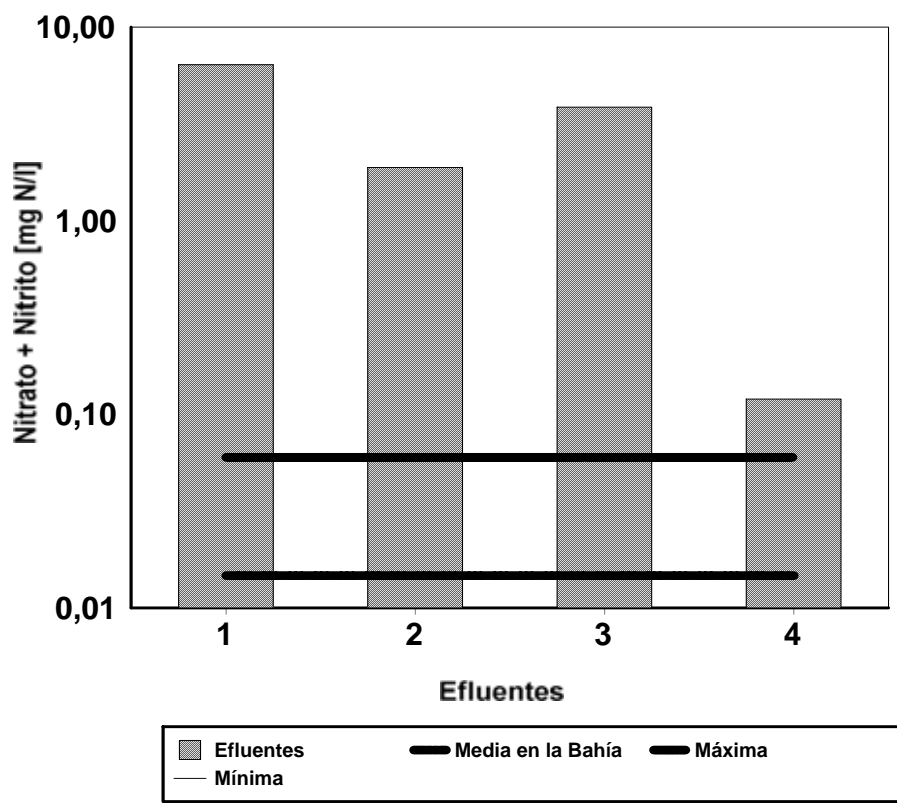


Figura N° 11: Comparación de los valores medios de los efluentes con los de la Bahía Nueva.





REFERENCIAS	
Efluentes	Nro. Datos
1: Martín Fierro	9
2: Servicoop	9
3: Harengus-Conarpesa	9
4: Alpesca	9
Bahía Nueva	114