

INFORME TECNICO 20

EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN URBANA DE LA BAHÍA DE SAN ANTONIO (PROVINCIA DEL RÍO NEGRO)

José Luís Esteves, Miriam Solís, Viviana Sastre, Norma Santinelli, Mónica Gil, Marta
Commendatore y Claudia González Raies.

ISSN N° 0328 – 462X

1996

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 DE SAN ANTONIO (PROVINCIA DEL RÍO NEGRO)

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

(1) Centro Nacional Patagónico (CONICET); (2) Fundación Patagonia Natural. Marcos A. Zar 60 (9120) Puerto Madryn; (3) Universidad Nacional de la Patagonia.

RESUMEN

Se analiza la contaminación urbana de la Bahía de San Antonio y su influencia sobre dos localidades al noroeste del Golfo San Matías, Las Grutas y Playa Villarino. A partir de la información obtenida puede observarse que dentro de esta Bahía, las características hidrográficas son diferentes en la zona oeste (influencia de la ciudad de San Antonio Oeste) de la zona este sin actividad antrópica.

Las diferencias son más notables cuando se analizan las concentraciones de nutrientes, producto de la degradación de la materia orgánica. Esta proviene de la percolación de los pozos negros o vertido directamente desde las plantas pesqueras. Las Grutas, muestra poca influencia de la bahía de San Antonio; en cambio en Playa Villarino, hay una mezcla de agua de la Bahía con el agua que proviene de Las Grutas. Podemos considerar a la zona noroeste del Golfo San Matías como un sistema altamente productivo. El agua que sale de la bahía de San Antonio, presenta características físicas, químicas y biológicas particulares que la diferencian claramente del agua que ingresa al sistema. La tendencia observada es que el ingreso se produce desde el sudoeste y el egreso hacia el este, coincidente con estudios de corrientes realizados previamente por otros autores. Este agua, que mantiene una densidad y diversidad mayor de fitoplancton, asegura una productividad secundaria importante representada por bancos de moluscos bivalvos ubicados en la zona noreste del Golfo.

INTRODUCCIÓN

La Bahía de San Antonio, se encuentra en el extremo noroeste del Golfo San Matías. Dentro de ella se ubica la ciudad de San Antonio Oeste, con actividad pesquera predominante y el puerto de San Antonio Este, una de cuyas actividades principales es la exportación de productos del valle del río Negro y de la pesca. Fuera de la Bahía, aunque en la misma zona del golfo San Matías está la localidad balnearia de Las Grutas, importante por la actividad turística. La población para estas localidades ha sido de 12.779 habitantes según el censo de 1991.

San Antonio Oeste y San Antonio Este no poseen sistemas de tratamiento de aguas servidas y se utilizan pozos negros. Las empresas pesqueras de San Antonio Oeste arrojan el agua industrial sin tratamiento al canal del Puerto. Las Grutas tiene un sistema de tratamiento secundario mediante piletas aireadas; el excedente va hacia el Golfo San Matías. Se encuentra en construcción una planta de soda Solvay (carbonato de sodio) en Punta Delgado, uno de los cabos que separa a la Bahía del Golfo.

Con el fin de conocer la situación actual desde el punto de vista ambiental y la influencia que tiene la ciudad de San Antonio Oeste y el puerto de San Antonio Este, sobre esta zona del Golfo, se han realizado dos campañas, en diciembre de 1994 y octubre de 1995. Dentro de la Bahía se estudió la evolución de la calidad del agua desde el punto de vista físico, químico y biológico (fitoplancton) en punta Verde y banco de las Garzas. Con una boya derivante se han estudiado desde el canal del Puerto, el recorrido, la velocidad de flujo y los mecanismos de dilución que se producen cuando el agua sale de la bahía durante la bajamar. Estos datos se comparan con análisis realizados en el mismo momento, en dos zonas contiguas, aunque fuera de la bahía, como son Playa Villarino (costa Norte) y balneario Las Grutas (costa Oeste). Se ha

realizado además un estudio sobre hidrocarburos y metales en la bahía de San Antonio. (Informe Técnico N° 21)

MA TERIALES y MÉTODOS

1. CAMPAÑAS.

Se realizaron campañas para el estudio ambiental de la Bahía en diciembre de 1994 y octubre de 1995. Los muestreos se realizaron en las siguientes zonas y condiciones de marea:

- a) Punta Verde. Marea bajante y creciente.
- b) Banco de las Garzas. Marea bajante y creciente.
- c) Canal del Puerto y canal del Indio.
- d) Punta Villarino. Marea Bajante.
- e) Las Grutas. Marea Bajante.

Se analizaron los siguientes parámetros: temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, nutrientes (nitrato, nitrito, amonio, fosfato, silicato), clorofila "a", materia orgánica particulada, alcalinidad. Fitoplancton cualitativo y cuantitativo. Coliformes totales y fecales.

2. METODOLOGÍA

2.1. Muestreos.

La figura 1 muestra la ubicación de las estaciones de muestreo en los distintos ambientes. Para la extracción de muestras se utilizaron botellas Van Dorn y Nansen acopladas con termómetros de inversión. Se fijó el oxígeno disuelto in situ. Para fitoplancton cualitativo se obtuvieron muestras con red de 25 µm y para cuantitativo con botellas Van Dorn. Los muestreos bacteriológicos fueron realizados con botellas estériles. En la campaña realizada en octubre de 1995, se empleó un analizador continuo de oxígeno disuelto, salinidad y temperatura para varias estaciones.

2.2. Estrategia de muestreos.

- En Punta Verde (PV) y Banco de las Garzas (BG), se realizaron muestreos cada media hora desde las dos horas previas a la bajamar (marea bajante) y a la pleamar (marea creciente), hasta la estoa.

Ambas estaciones se encuentran dentro de la bahía de San Antonio. Punta Verde, en la boca del canal del Puerto, está bajo la influencia de la ciudad de San Antonio Oeste. El banco de las Garzas, en el extremo opuesto de la bahía, con influencia, aguas arriba, del canal Escondido y de la caleta Falsa, zonas sin actividad antrópica yaguas abajo, del puerto de San Antonio Este. La estrategia para este muestreo fue adoptada para conocer por una parte, la variación temporal del agua que permanece durante unas horas frente a la ciudad o en una zona sin actividad humana (marea bajante) y la que ingresa desde el Golfo San Matías (marea creciente). Por otra parte esta estrategia permite comparar las respectivas calidades del agua. Es decir, si no hubiera cambios de ninguna naturaleza en la estructura hídrica, no debería haber cambios significativos en los análisis químicos que se han seleccionado para caracterizar el agua. Cualquier cambio perceptible, podrá asociarse a efectos de la ciudad o del medio.

- Boya derivante (BD): Con el fin de conocer los mecanismos de dilución que pudieran existir en el agua que fluye del canal del Puerto en su contacto con el resto de la Bahía (canal del Indio, canal Escondido, etc.) y la derrota que sigue la corriente de agua que sale de aquel, se liberó, en ambas campañas, una boya que derivó con la corriente durante la marea bajante. Esta boya está compuesta por dos superficies planas perpendiculares entre sí, de 1m x 1,5 m que derivan con la corriente; se mantiene a flote por medio de una boya que ofrece la menor resistencia posible al efecto del viento; lleva también un mástil de 1 m y una bandera para su mejor visualización. Cada 30 minutos se tomaron muestras de agua para su caracterización. La posición geográfica se tomó con un equipo GPS (Global Positioning System). En la campaña

de octubre de 1995, la sonda automática ha medido cada minuto, parámetros como temperatura, salinidad y oxígeno disuelto a 10 largo de la derrota de la boya.

- Balneario Las Grutas (BLG) y Playa Villarino (PVil): Simultáneamente al muestreo con la boya derivante se realizaron, en ambas campañas, muestreos en BLG y PVil. Las muestras se tomaron en una grilla preseleccionada que permite conocer las características del agua en cada una de las zonas.

Los muestreos se realizaron en superficie y fondo con marea bajante. La estrategia adoptada intenta conocer los movimientos relativos del agua en la zona noroeste del Golfo, a partir de los parámetros químicos y físicos medidos.

- Los muestreos bacteriológicos se realizaron en los sedimentos de la zona intermareal durante la bajamar. Se tomaron muestras del canal del Puerto y del canal del Indio.

2.3. Análisis.

Las muestras de agua para análisis químicos fueron conservadas y analizadas por las metodologías propuestas para aguas marinas por Strickland y Parsons (1972) y para bacteriología por el Standard Methods (1980). En algunos casos el oxígeno disuelto se ha medido mediante sonda portátil YSI, en particular en la primera campaña. En otros, parámetros como temperatura, salinidad, conductividad y oxígeno disuelto se tomaron con una frecuencia de un minuto con una sonda multiparámetros YSI 6.000.

Los análisis cuantitativos de fitoplancton se realizaron con cámara de recuento SedgwickRafter de 1 ml de capacidad (Guillard, 1978).

RESULTADOS

1. Resultados obtenidos en Diciembre de 1994

1.1 Punta Verde:

La tabla N°1 y la figura N°2, muestran los resultados de los análisis realizados en el agua que ingresa al canal del Puerto durante la marea creciente y del agua que sale de este canal durante la marea bajante.

El agua que egresa del canal del Puerto presenta mayor salinidad, oxígeno disuelto, nitrato, amonio, silicato y clorofila "a" que el agua que ingresa. El aumento de la concentración de clorofila "a" (Fig 2d) desde $0,91 \pm 0,53$ a $2,07 \pm 0,46$ mg.m-3 y del porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (Fig 2c) desde 108% a 115% es un indicio de mayor productividad. Esta puede estar asociada a una concentración más elevada de nutrientes. En efecto, durante la marea bajante, la concentración de nitrato (Fig 2a), 146 ± 196 Ilg-at N/l es notablemente mayor a los $0,64 \pm 0,12$ Ilg-at N/l de la marea creciente. El aumento es continuo y muy significativo, alcanzando en la bajamar valores exageradamente altos (485 Ilg-at N/l). El amonio es elevado (Fig 2e) ($4,9$ Ilg-at N/l contra $2,2$ Ilg-at N/l en el agua que ingresa) producto, probablemente, de la descomposición de la materia orgánica proveniente de la percolación de los pozos de la ciudad o del cangrejal; una parte muy significativa puede ser oxidada a nitrato, a través de mecanismos de nitrificación, por la existencia de una concentración de oxígeno disuelto a saturación.

La concentración más elevada de silicatos en la bajamar (Fig 2f) puede ser debida a una puesta en suspensión de los sedimentos del canal ($15,7 \pm 3,4$ Ilg-at Si/l contra $10,13 \pm 4,2$ Ilg-at Si/l), que favorece el desarrollo de organismos con estructura silícica, como las diatomeas. El mayor tiempo de estadía del agua en el canal del Puerto, la mayor temperatura y la menor profundidad favorecen los mecanismos de evaporación, con valores de salinidad mayores que el agua de ingreso al canal (fig.2b).

La temperatura, el fosfato y la materia orgánica particulada permanecen sin cambios importantes.

La materia orgánica en sedimentos a 10 largo del canal del Puerto presentó un valor medio de $3,55 \pm 1,98\%$ (n=8).

1.2. Banco de las Garzas (BG):

El agua que egresa de la zona del canal Escondido y caleta Falsa presenta mayor temperatura, salinidad, nitrato, silicato y clorofila "a" que el agua que ingresa al sistema proveniente del Golfo San Matías (Tabla N°1 y Figura N°3). Existe una mayor biomasa medida como clorofila "a" (Fig 3d) en el agua que egresa, $1,94 \pm 0,30$ mg.m⁻³, con respecto al valor de $1,41$ mg.m⁻³ de la marea creciente. Se detectan mecanismos de nitrificación por el aumento de nitrato (Fig 3c) desde $0,42 \pm 0,01$ hasta $1,36 \pm 0,61$ Ilg-at N/l. El incremento de silicato desde $3,14 \pm 0,03$ a $5,44 \pm 1,67$ Ilg-at Si/l se produce por aportes terrígenos o disolución de sedimentos (Fig 3e).

Otros parámetros como fosfato o materia orgánica, no presentan diferencias notables. El oxígeno disuelto se encuentra saturado en las dos situaciones analizadas.

1.3. Resultados obtenidos con la boya derivante

1.3.1. Análisis de la deriva:

La boya fue liberada en la pleamar en Punta Verde. Cada 10 minutos aproximadamente se midió su posición geográfica. Esto permitió reproducir su trayectoria y calcular su velocidad. Se cubrió un tiempo total de 108 minutos. La tabla N° 2 y la figura N° 4 muestran la información recolectada. Recorrió una distancia de 2,65 millas náuticas a una velocidad promedio de 1,5 nudos; la velocidad mínima registrada fue de 0,6 nudos y la máxima de 2,1 nudos; ésta fue coincidente con la corriente proveniente del canal del Indio.

1.3.2. Resultados químicos:

Cada 30 minutos se tomó una muestra para el análisis químico. Los resultados de diciembre de 1994 muestran un mecanismo de dilución bastante intenso. (Tabla N°1 y la figura N° 5. Mientras el oxígeno disuelto y la clorofila "a" tienen tendencia a aumentar (fig 5a), el amonio (fig 5b) disminuye a medida que la boya se dirige hacia la boca de la Bahía. En la primera mitad del recorrido efectuado por la boya, parámetros como nitrato, silicato (fig 5c) y fosfato (fig 5b), disminuyen mientras la salinidad aumenta (fig 5d); luego el comportamiento se invierte. Esto podría deberse al ingreso de agua proveniente del canal del Indio, con más nutrientes y menos salina que la del canal del Puerto.

Hacia el final del recorrido, después de dos horas de deriva, las concentraciones de salinidad, fosfato, clorofila "a" y silicato se aproximan a los valores obtenidos en Punta Verde con marea creciente. El nitrato no ha logrado una dilución similar al resto de las estaciones y el amonio, en contra, se encuentra más diluido.

1.4. Las Grutas (BLG):

Los resultados de los análisis químicos efectuados en las estaciones seleccionadas en BLG, mostraron características "oceánicas" para este sector (Tabla N° 1).

La temperatura ($19,8 \pm 0,24^{\circ}\text{C}$), la salinidad ($33,89 \pm 0,05$ gil), el oxígeno disuelto ($5,19 \pm 0,13$ mnl Ó $100\% \pm 2\%$), el amonio ($1,8 \pm 1,1$ Ilg-at N/nl) y la clorofila "a" ($0,70 \pm 0,32$ Ilg.j-3) presentaron valores menores que los encontrados en la bahía de San Antonio. Los valores medios y su relativamente pequeña desviación estándar, son una indicación de la mayor inercia química de esta agua, con poca influencia de la Bahía. La sílice mostró valores algo elevados ($4,73 \pm 2,44$ Ilg-at SU-l).

La temperatura, la salinidad, el oxígeno disuelto, el amonio, el fosfato presentaron concentraciones uniformes tanto en superficie como en fondo. El oxígeno disuelto permaneció prácticamente saturado en todas las estaciones. Se observó poca variación del nitrato, en general con valores menores de 1 Ilg-at N/l y con mínimos del orden de $0,3$ Ilg-at N/l en superficie. Se detectaron dos valores más altos, $3,72$ Ilg-at N/l en superficie y $4,45$ Ilg-at N/l en fondo, sobre la misma línea de la grilla, que podrían estar asociados entre sí. El Silicato presentó las concentraciones más elevadas sobre la costa; los valores medios fueron algo mayores en fondo que en superficie. La clorofila "a" presentó los valores más altos en superficie con concentraciones mayores de 1 Ilg/l cerca de la costa.

La materia orgánica (415 ± 78 $\mu\text{g/l}$; $n = 17$) fue mayor en fondo que en superficie, sin una distribución clara.

1.5. Playa Villarino (Pvil):

De los valores obtenidos durante la marea bajante para salinidad y nitrato, Pvil apareció como una zona intermedia con aporte de agua desde la bahía de San Antonio y Las Grutas. La salinidad ($34,03 \pm 0,04$ g.l-1) y el nitrato ($0,80 \pm 0,27$ $\mu\text{g-at N.l-1}$), mostraron valores superiores a los de Las Grutas y menores a los de la Bahía. El nitrito y el fosfato fueron similares a BLG y BG. La sílice presentó la menor concentración de todos los lugares de muestreo ($0,79 \pm 0,53$ $\mu\text{g-at.l-1}$), debido probablemente a su absorción por parte del fitoplancton. En efecto, los máximos valores de fitoplancton se dieron en esta zona (ver 1.6.). El valor medio de clorofila "a" fue de $0,76 \pm 0,24$ $\mu\text{g/l}$; $n=8$. La tabla N° 1 muestra los valores obtenidos en esta estación.

La materia orgánica en sedimentos presentó un valor medio de $1,13 \pm 0,13$ %; ($n=4$), menor que la observada en el canal del Puerto.

1.6. Fitoplancton.

La densidad del fitoplancton osciló entre un valor mínimo de 10.360 cél.l-1 en Las Grutas y un valor máximo de 113.850 cél.l-1 en Playa Villarino.

Las diatomeas fueron las dominantes en todas las estaciones, constituyendo más del 90% de la densidad de las muestras, con excepción de una estación en Playa Villarino donde los dinoflagelados representaron el 18% de la muestra. La especie más abundante y presente en la totalidad de las muestras de la bahía fue *Rhizosolenia setigera*.

En general Playa Villarino presentó la mayor abundancia celular y el mayor número de especies, principalmente de dinoflagelados (*Ensiculifera angulata*). Dentro de las diatomeas las dominantes fueron las especies del género *Nitzschia*, *Pseudonitzschia* y *Dactyliosolen fragilissimus*.

En Las Grutas la especie dominante fue la diatomea *R. setigera*. Otros grupos algales, presentes en forma escasa, fueron los silicoflagelados como *Distephanus speculum* y *Dictyochaetula* y nanoplancton sin identificar.

Varias especies de las encontradas principalmente en Playa Villarino, como por ejemplo *P. delicatissima*, *Nitzschia longissima*, *Leptocylindrus minimus*, *Ceratium tripos* y *Prorocentrum micans*, son citadas como características de aguas eutróficas (Marchetti, 1992).

La tabla N°3 muestra las taxa identificadas para estas zonas. La figura N°6 muestra las relaciones entre grupos.

1. 7. Bacteriología del canal del Puerto y canal del Indio.

Los datos bacteriológicos obtenidos en la zona del canal del Puerto y del canal del Indio, no muestran valores de coliformes totales o fecales de importancia.

Los bajos valores observados estarían asociados a mecanismos de filtración y a un efecto bactericida del agua salada de los canales, cuando se produce el contacto entre ésta que tiene, como hemos visto, mayor contenido de sales que al agua de mar y el agua proveniente de los pozos negros.

Sin embargo, deberán realizarse estudios con un número y una frecuencia mayor de muestras para confirmar esta información. La tabla N°4 muestra los resultados de los análisis bacteriológicos.

2. Resultados obtenidos en octubre de 1995.

2.1. Punta Verde:

Parámetros como salinidad, nitrato, nitrito, amonio, silicato y clorofila "a", fueron mayores durante la marea bajante que durante la creciente (Figura N° 7). El oxígeno disuelto mostró una ligera insaturación con respecto a la marea creciente, producto de los procesos de degradación

que se producen en el canal del Puerto (Figura N°7). La biomasa, medida como clorofila "a" fue mayor en estas condiciones. No se observaron diferencias en la temperatura probablemente por la época del año. La concentración de fosfato fue similar en ambas condiciones de marea. (Tabla 5).

2.2. Banco de las Garzas:

la temperatura, la salinidad y el silicato presentaron concentraciones más elevadas con marea bajante que durante la creciente (Figura N° 8). Los otros parámetros no mostraron diferencias apreciables entre las condiciones del agua que ingresa de las que egresa. Cuando se compara esta estación con Punta Verde, se observa que la temperatura y la salinidad muestran las mayores diferencias; el nitrato, el nitrito, el amonio y el silicato presentan diferencias solamente con la marea bajante de Punta Verde. (Tabla N° 5).

2.3. Boya derivante.

2.3.1. Análisis de la deriva:

Igual que en diciembre de 1994, la boya fue liberada en la pleamar en Punta Verde. Cada 10 minutos aproximadamente se midió su posición geográfica (Figura N°4). Se cubrió un tiempo total de más de tres horas. La tabla N° 2 muestra la información recolectada. La boya recorrió una distancia de 4,04 millas náuticas a una velocidad promedio de 1,32 nudos. La velocidad mínima registrada fue de 0,9 nudos y la máxima de 2,4 nudos en el encuentro con la corriente proveniente del canal del Indio.

2.3.2. Resultados químicos:

La masa de agua que se desplaza desde el canal del Puerto hacia fuera de la bahía experimenta un dilución (Figura N° 9) que se pone de manifiesto en el nitrato, el amonio, el silicato y la clorofila; permaneció constante la temperatura, aunque no mostró tampoco variaciones en las dos condiciones de muestreo en la estación Punta Verde; aumentó el oxígeno disuelto. Al finalizar esta experiencia, los valores observados fueron similares a los obtenidos en la estación banco de las Garzas con marea creciente (Tabla N°5). La influencia del canal del Indio se manifiesta en los valores de salinidad, temperatura y nitrato a las dos horas de iniciado el recorrido.

2.4. Las Grutas.

El nitrato, el nitrito, el fosfato y la clorofila "a", presentaron concentraciones similares a las observadas en la Bahía de San Antonio con marea creciente; otros, como la salinidad ($34,19 \pm 0,15$ gil; $n=18$) y la temperatura en fondo ($12,58 \pm 0,27^{\circ}\text{C}$; $n=9$) son menores; el oxígeno disuelto fue algo mayor encontrándose saturado o ligeramente sobresaturado. (Tabla N°5). La temperatura en fondo mostró valores menores ($0,5^{\circ}\text{C}$) a los de superficie; en cambio. no hay diferencias apreciables de salinidad, nitrato, nitrito, fosfato, silicato y clorofila "a" entre superficie y fondo. Las concentraciones más elevadas de amonio ($0,5/0,7$ j..tg-at N/1) se dieron en superficie y en la costa, el resto presentó valores similares ($0,1$ a $0,3$ j..tg-at N/1). Se observó una concentración elevada de silicato en fondo sobre la costa ($6,74$ /lg-at Si/l).

2.5. Playa Villarino.

Cuando comparamos los valores en esta estación con aquellos observados en la bahía de San Antonio y Las Grutas (tabla N° 5), vemos que la salinidad y la temperatura mostraron valores intermedios. Sin tener en cuenta los datos de Punta Verde con marea bajante, las concentraciones de oxígeno disuelto, nitrato, nitrito, amonio en fondo y fosfato fueron similares a las encontradas en la Bahía. El silicato ($1,27 \pm 0,9$ j..tg-at Si/l; $n=12$) presentó concentraciones más bajas coincidentes con valores mayores de clorofila.

2.6. Fitoplancton.

La abundancia de fitoplancton osciló entre valores de 411.074 céH1 en Punta Verde y 43.664 céIJ1 en Las Grutas. En general Punta Verde y Villarino registraron las máximas densidades, en

tanto el banco de las Garzas y las Grutas presentaron valores similares y un orden de abundancia menor.

La Tabla N° 6 muestra estos valores y los porcentajes de abundancia de las distintas clases algales.

Se observó una neta dominancia de nanoplancton en particular nanoflagelados, que aportaron la máxima densidad. Una racción importante de este grupo estuvo representada por criptoficeas del tipo *Rhodomonas* sp.

En Punta Verde, esta última fracción representó el 96 % del total de la muestra durante la marea creciente; ha sido, por otra parte, la estación que presentó la menor riqueza específica siendo las diatomeas el otro grupo algal presente pero en baja proporción.

El banco de la Garzas presentó una abundancia menor de nanoplancton, pero ha sido el grupo dominante, mientras que en Las Grutas presentó una concentración menor al 15% del total, con una neta dominancia de diatomeas.

Punta Villarino es la estación menos homogénea en cuanto a la estructura de la comunidad;

una estación costera presentó una gran proporción de diatomeas y un porcentaje no muy elevado de nanoflagelados. En otras esta relación se invirtió notablemente.

La Tabla N° 7 muestra las especies y/o formas dominantes de la comunidad de fitoplancton para este período y las especies potencialmente nocivas detectadas. Algunas especies de este género son productoras de ácido domoico, responsable del Veneno Amnésico de Moluscos (VAM).

Los valores más elevados de clorofila "a" que se obtuvieron en Punta Verde y Villarino coinciden con los valores más elevados de abundancia celular. En el caso de Playa Villarino, hay una concordancia entre la abundancia celular, la clorofila "a" y la baja concentración de sílice.

Relaciones entre parámetros.

La figura N° 10 muestra algunas de las relaciones obtenidas en esta campaña. Por una parte, puede observarse que la salinidad se diferencia claramente dentro o fuera de la bahía y dentro de ésta, entre Punta Verde y banco de las Garzas (Fig. 10a). La salinidad presenta una correlación positiva con la temperatura (Fig. 10b) y el nitrato con el silicato (Fig. 10c). El nitrato alcanza las concentraciones más elevadas a altas salinidades y temperaturas, coincidentes con Punta Verde (Fig. 10c).

DISCUSIÓN

Dentro de la Bahía de San Antonio, existen diferencias entre la zona este y oeste. En el canal del Puerto, con marcada influencia de la ciudad, pueden observarse concentraciones mayores de nitrato, nitrito, amonio, silicato en las dos campañas realizadas y fitoplancton en octubre de 1995. Las mayores concentraciones de nutrientes están asociadas a la degradación de la materia orgánica y a mecanismos de nitrificación. En el canal del Puerto en Diciembre de 1994, el nitrato fue exageradamente alto y ha sido un indicio concluyente de la influencia de la ciudad. La concentración de la materia orgánica en los sedimentos de este canal fue más del doble de la registrada en Playa Villarino. Mientras exista suficiente oxígeno disuelto para generar mecanismos de nitrificación, se limitará la anoxia y el sistema puede ser sustentable. El análisis de oxígeno disuelto es entonces uno de los parámetros a controlar cuidadosamente. Una mayor concentración de materia orgánica puede traducirse en consumo de oxígeno, incremento de amonio y de ahí una cierta toxicidad para microorganismos del sedimento. Los cangrejales que se distribuyen en toda la Bahía son un reaseguro para mantener sedimentos superficiales oxigenados. Esto implica una degradación eficiente de la materia orgánica, producción de nutrientes y alta productividad.

Desde el punto de vista bacteriológico, se ha observado una baja concentración de coliformes totales y fecales en el canal del Puerto y el canal del Indio, aún cuando las aguas residuales van a pozos negros. Estos estudios deberán realizarse con mayor frecuencia ya que ésta es una zona de uso permanente para recreación.

Es evidente que eliminando la fuente de contaminación urbana se mitigará el impacto de la ciudad y la situación no debería ser muy diferente a la observada en la zona este de la Bahía. Para esto se requiere un tratamiento global de los efluentes líquidos, es decir, construcción de la red cloacal, conexiones de toda la ciudad, tratamiento de los efluentes urbanos e industriales y reuso eficiente del agua tratada.

Con referencia a información previa obtenida por diferentes autores en esta zona, la Universidad Nacional de La Plata (1988) ha realizado estudios de corrientes con la colaboración del Instituto de Biología Marina y Pesquera "A. Storni" en la zona noroeste del Golfo San Matías. Ellos observaron que las corrientes de marea son del tipo semidiurnas, con periodos de flujo y reflujo desfasados respecto a los instantes de las pleamares y bajamares, con dos células aparentes de circulación, una situada al noroeste y otra al sudeste del canal de acceso al puerto de San Antonio Este.

De acuerdo a los datos físicos (salinidad), químicos (nitrato) y biológicos (fitoplancton), el agua de playa Villarino, se encuentra enriquecida con referencia al agua frente al balneario Las Grutas. Este enriquecimiento proviene evidentemente de la bahía de San Antonio que ha mostrado los valores más elevados de estos parámetros. La densidad de fitoplancton es coincidente con la información química. Las mayores densidades y la mayor diversidad se encuentran en la zona de Playa Villarino, coincidentes además con bancos naturales de moluscos bivalvos.

Los estudios de dirección y velocidad de las corrientes desarrollados por la Universidad Nacional de La Plata (1988), indican que al oeste del canal de entrada al puerto existe una corriente permanente con dirección entrante (NNE-NE) y una velocidad del orden de los 10 cm/s, que no depende de la acción de la marea. Al este del banco Lobos existe una corriente permanente con dirección saliente, aproximadamente Sur y una velocidad menor de los 10 cm/s. Los datos de corrientes medidos durante la bajamar dentro de la bahía de San Antonio con el sistema de boya derivante muestran una velocidad de 1,5 nudos, equivalentes a 750 cm/s. Esta es una indicación clara del aporte del agua de la Bahía a la zona norte del Golfo.

Los datos de corrientes medidos dentro de la Bahía durante la marea bajante, muestran que hay una masa de agua que abandona esta Bahía en cada cambio de marea. El volumen estimado del agua que fluye hacia el Golfo es del orden de $700 \times 10^6 \text{ m}^3$ por cada onda de marea. Los factores de dilución, obtenidos a partir de la salinidad, un parámetro conservativo, son del orden de 3% para diciembre de 1994 y de 0,5% para octubre de 1995. Podemos calcular, a partir de esta información, que el volumen de agua que se desplaza desde Las Grutas hacia Playa Villarino, es del orden de $100 \times 10^9 \text{ m}^3$ por cada onda de marea.

Las concentraciones mayores de nutrientes que son aportadas desde la bahía de San Antonio, son aprovechadas eficientemente y se reflejan en una mayor productividad en la zona noroeste del Golfo. En consecuencia se deben controlar todos los vertidos a la Bahía ya que cualquier sustancia tóxica o peligrosa (Informe Técnico N° 21) o que se vierta en grandes volúmenes (por ejemplo, cloruro de calcio como residuo de la planta de Soda Solvay), puede generar un cambio apreciable en las características hidrográficas afectando también a la fauna y flora normal de la zona, así como a todos los cultivos que se establezcan hacia el este del Golfo San Matías.

CONCLUSIONES

A partir de las informaciones relevadas en este trabajo podemos concluir lo siguiente:

- Se observan diferencias en la calidad del agua dentro de la Bahía de San Antonio, cuando se compara la zona influenciada por la ciudad de San Antonio Oeste con una zona sin actividad antrópica como el canal Escondido o la caleta Falsa.
- La zona correspondiente a playa Villarino, al norte, se encuentra enriquecida con referencia al agua frente al balneario Las Grutas (al oeste). Este enriquecimiento proviene de la bahía de San Antonio que aporta un volumen de agua no despreciable con características físicas y químicas diferentes.
- Deberá eliminarse la fuente de contaminación urbana. Para esto se requiere un tratamiento global de los efluentes líquidos.

· Las concentraciones mayores de nutrientes que son aportadas desde la bahía de San Antonio generan una mayor productividad en la zona noroeste del Golfo. Las mayores densidades y la mayor diversidad se encuentran en la zona de Playa Villarino, coincidentes con bancos naturales de moluscos bivalvos.

· Se deberán controlar todos los vertidos a la Bahía ya que cualquier sustancia tóxica o peligrosa o que se vierta en grandes volúmenes (por ejemplo, cloruro de calcio como residuo de la planta de Soda Solvay), puede generar un cambio apreciable en las características hidrográficas afectando también a la fauna y flora normal de la zona, así como a todos los cultivos que se establezcan hacia el este del Golfo San Matías.

REFERENCIAS

Bodeanu N., 1992: Algal blooms and development of the main phytoplanktonic species at the Romanian Black Sea littoral in conditions of intensification of the eutrophication process.

Science of the Total Environment, Supplement 1992. pp. 891-906.

Esteves IL., Santinelli, N.; Sastre, V; Díaz, R. y O. Rivas. 1992. A toxic dinoflagellate bloom and PSP production associated with upwelling in Golfo Nuevo, Patagonia Argentina. Hydrobiologia 242 : 115-122

Guillard, R., 1978: Counting slides, in: Phytoplankton Manual. A. Sournia (ed.) UNESCO (Paris). pp. 182 - 189.

Mauvais IL. Y Alzieu C., 1991: Qualité des eaux côtières: bases scientifiques et stratégies réglementaires. Equinoxe, 36 : 4-13.

Standard Methods for the examination of water and wastewater, 1980: 15th. Edition. APHA (American Public Health Ass.), AWWA (American Water Works Ass.), WPCF (Water Poll. Control Federation) Publishers. 1134 pp.

Strickland ID.H. Y Parsons T.R., (1972): A practical handbook of seawater analysis. Fisheries Research Board of Canada. Bulletin N° 167 (Second Edition).

Universidad Nacional de La Plata, 1988: Mediciones de corrientes. San Antonio Oeste. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Grupo de Oceanografía costera. Informe 88/01.

AGRADECIMIENTOS

Han colaborado en los trabajos de campo, personal del Instituto de Biología Marina y Pesquera "A. Storni": Lic. Luis Cúrtolo; Lic. Raúl Gonzalez; Lic. Enrique Morsán; Lic. Eduardo Zampatti; Sr. Sandro Acosta; Sr. Luis Brochado; Sr. Nestor Dieu. Por la comunidad de San Antonio participaron el Ing. Juan Carlos Etchegaray y el Bioquímico Carlos Torres. Del CENPAT/FPN, Anal. de Sist. Horacio A. Ocariz, Sra. Angeles Gonzalez. De la UNP, Lic. Martín Montes.

Este trabajo se realiza en el marco del Plan de Manejo de la Zona Costera Patagónica (PMZCP), 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 (U.N.D.P.) y ejecutado por la Oficina de las Naciones Unidas para el Servicio de Proyectos (U.N.O.P.S.)

Figura N° 01: Zonas de muestreo en la Bahía de San Antonio

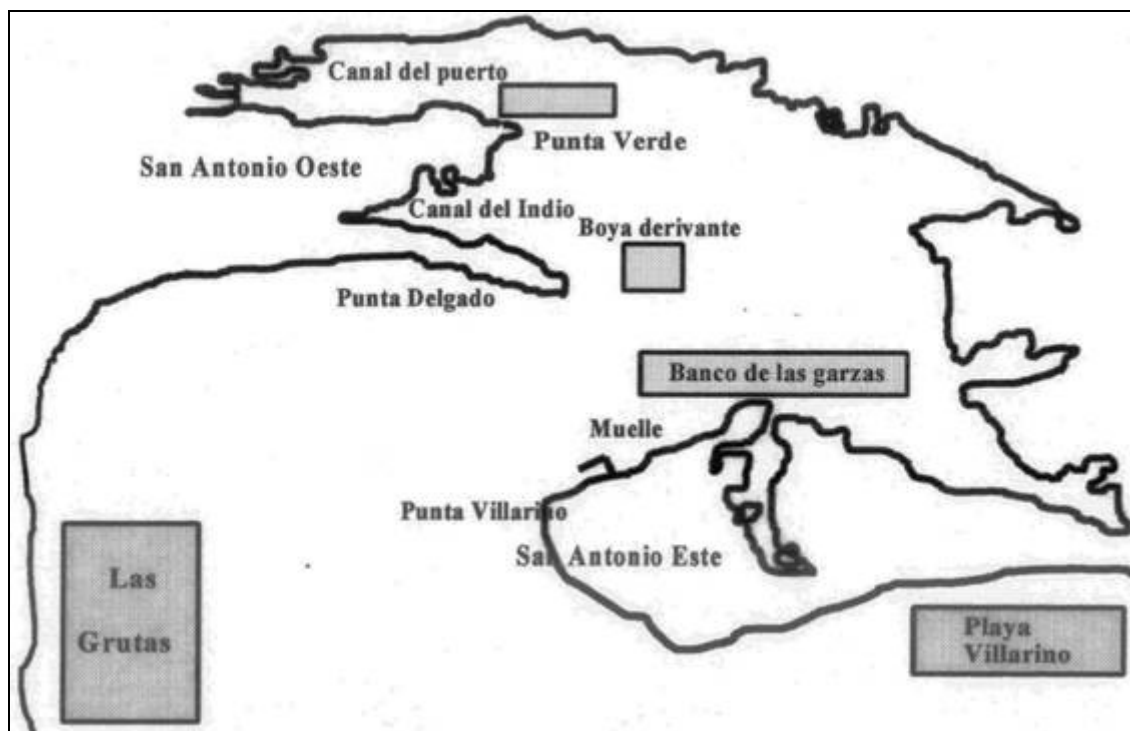


Figura N° 02: Bahía San Antonio – Punta Verde – Diciembre de 1994

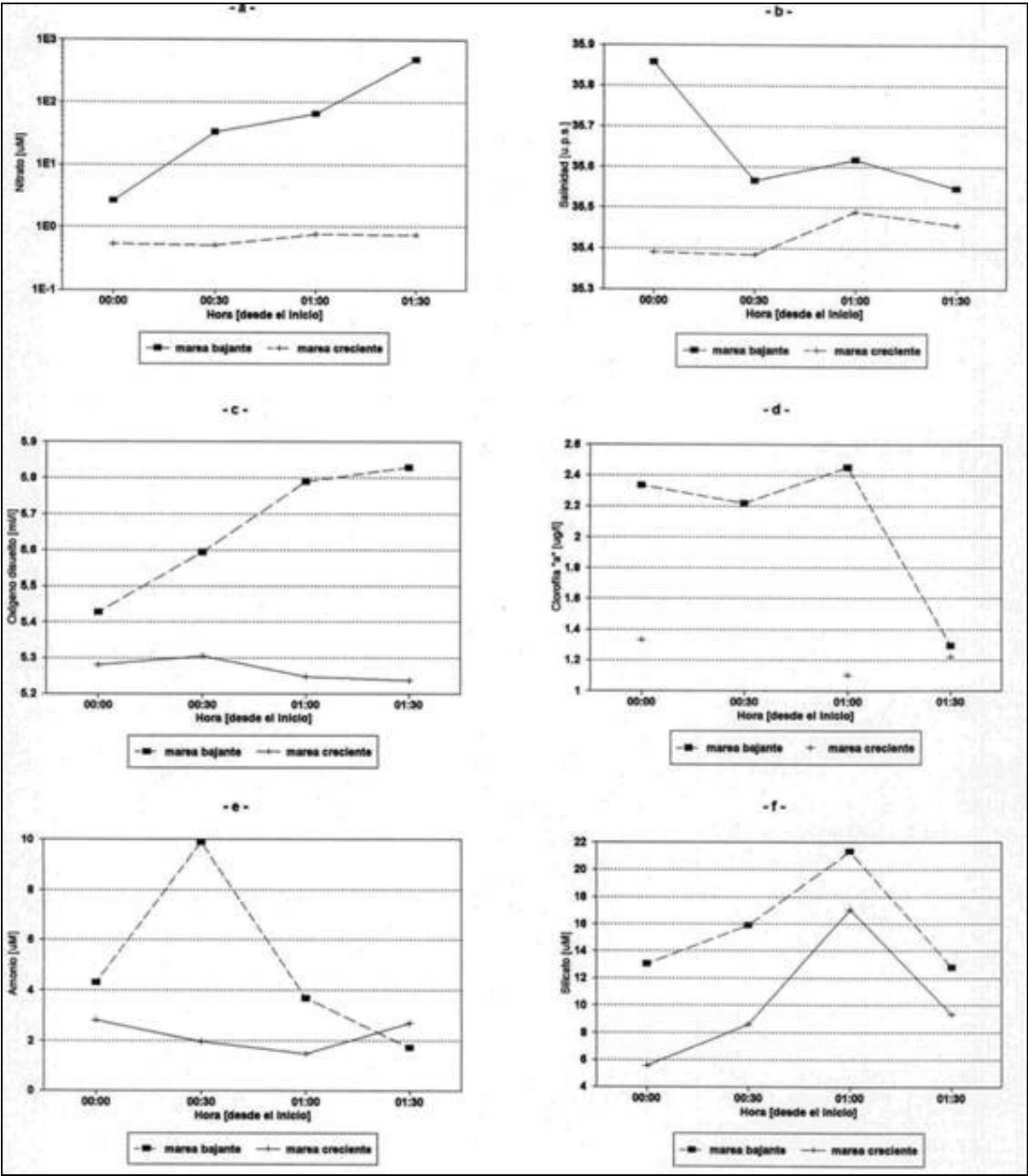


Figura N° 03: Bahía San Antonio – Banco de garzas – Diciembre de 1994

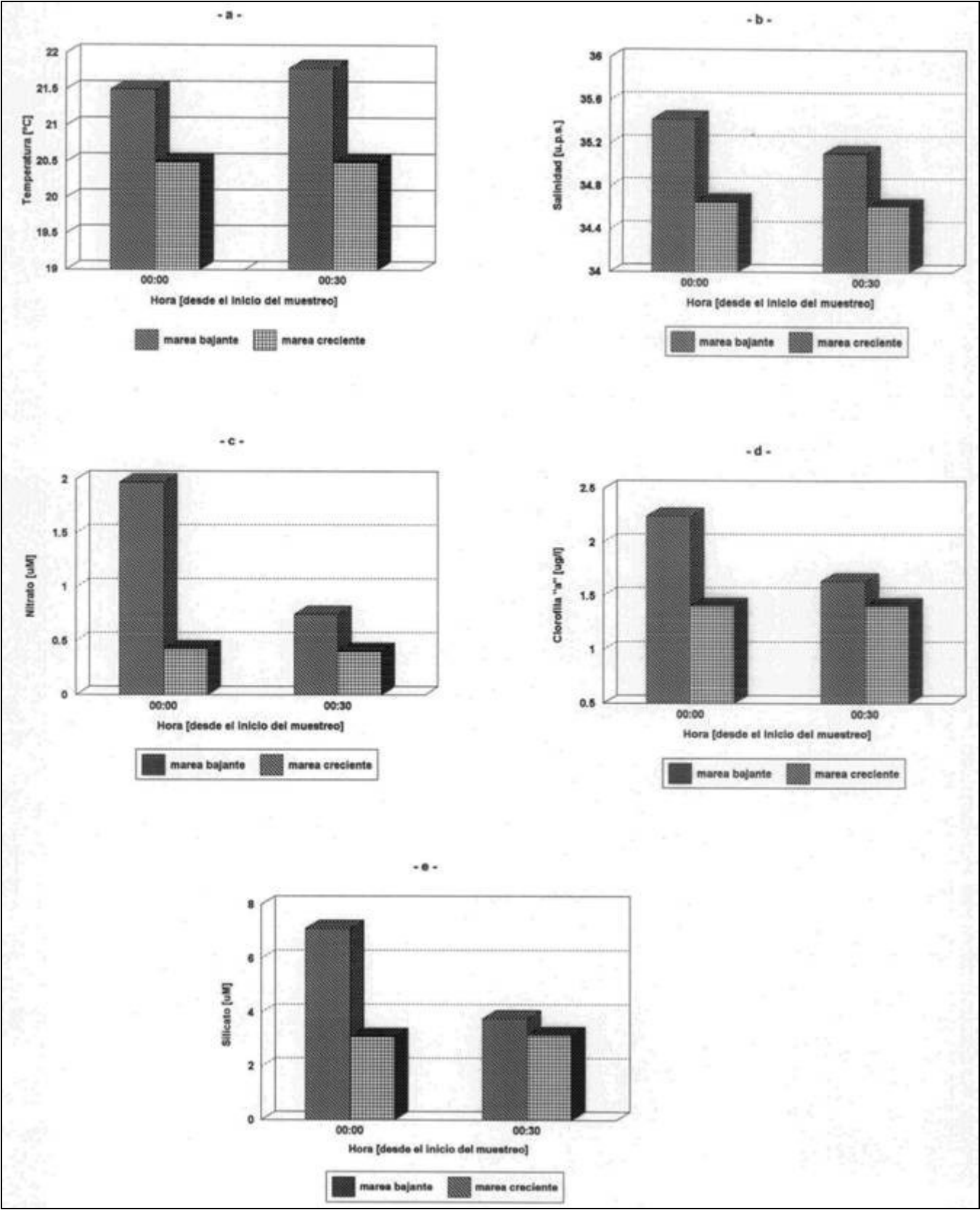


Figura N° 04: Derrota de la boya derivante en Diciembre/1994 y Octubre/1995



Tabla N° 02: Experiencia de la boya derivante en Diciembre/1994 y Octubre/1995

Hora	Lat. S.	Long. W.	Tiempo empleado (minutos)	distancia recorrida (millas)	Velocidad (nudos)	Hora	Lat. S.	Long. W.	Tiempo empleado (minutos)	distancia recorrida (millas)	Velocidad (nudos)
11:29	40:43,6	64:54,7				10:51	40:43,99	64:54,3	5		
11:40	40:43,8	64:54,4	11	0.25	1.4	11:00	40:44,20	64:54,20	9	0.26	1.7
11:50	40:44,02	64:54,4	10	0.25	1.5	11:10	40:44,35	64:54,03	10	0.2	1.2
12:00	40:44,18	64:54,27	10	0.1	0.6	11:20	40:44,57	64:53,83	10	0.28	1.7
12:10	40:44,25	64:54,1	10	0.2	1.2	11:30	40:44,77	64:53,70	10	0.23	1.4
12:20	40:44,74	64:53,89	10	0.35	2.1	11:40	40:44,95	64:53,66	10	0.2	1.2
12:30	40:44,97	64:53,84	10	0.25	1.5	11:50	40:45,24	64:53,56	10	0.32	1.9
12:40	40:45,24	64:53,7	10	0.3	1.8	11:59	40:45,34	64:53,53	9	0.15	1.0
12:50	40:45,48	64:53,68	10	0.3	1.8	12:10	40:45,57	64:53,47	11	0.26	1.4
13:05	40:45,90	64:53,72	15	0.4	1.6	12:20	40:45,73	64:53,44	10	0.22	1.3
13:17	40:46,12	64:53,81	12	0.25	1.3	12:30	40:45,86	64:53,42	10	0.15	0.9
TOTAL			108	2.65	1.5	12:40	40:46,00	64:53,46	10	0.18	1.1
						12:50	40:46,20	64:53,57	10	0.25	1.5
						13:00	40:46,32	64:53,63	10	0.18	1.1
						13:15	40:46,49	64:53,77	15	0.22	0.9
						13:20	40:46,60	64:53,89	5	0.2	2.4
						13:30	40:46,75	64:54,00	10	0.18	1.1
						13:40	40:46,88	64:54,19	10	0.2	1.2
						13:50	40:47,02	64:54,34	10	0.2	1.2
						14:00	40:47,16	64:54,40	10	0.16	1.0
						TOTAL			194	4.04	1.32

Figura N° 05: Bahía de San Antonio – Boya derivante – Diciembre 1994

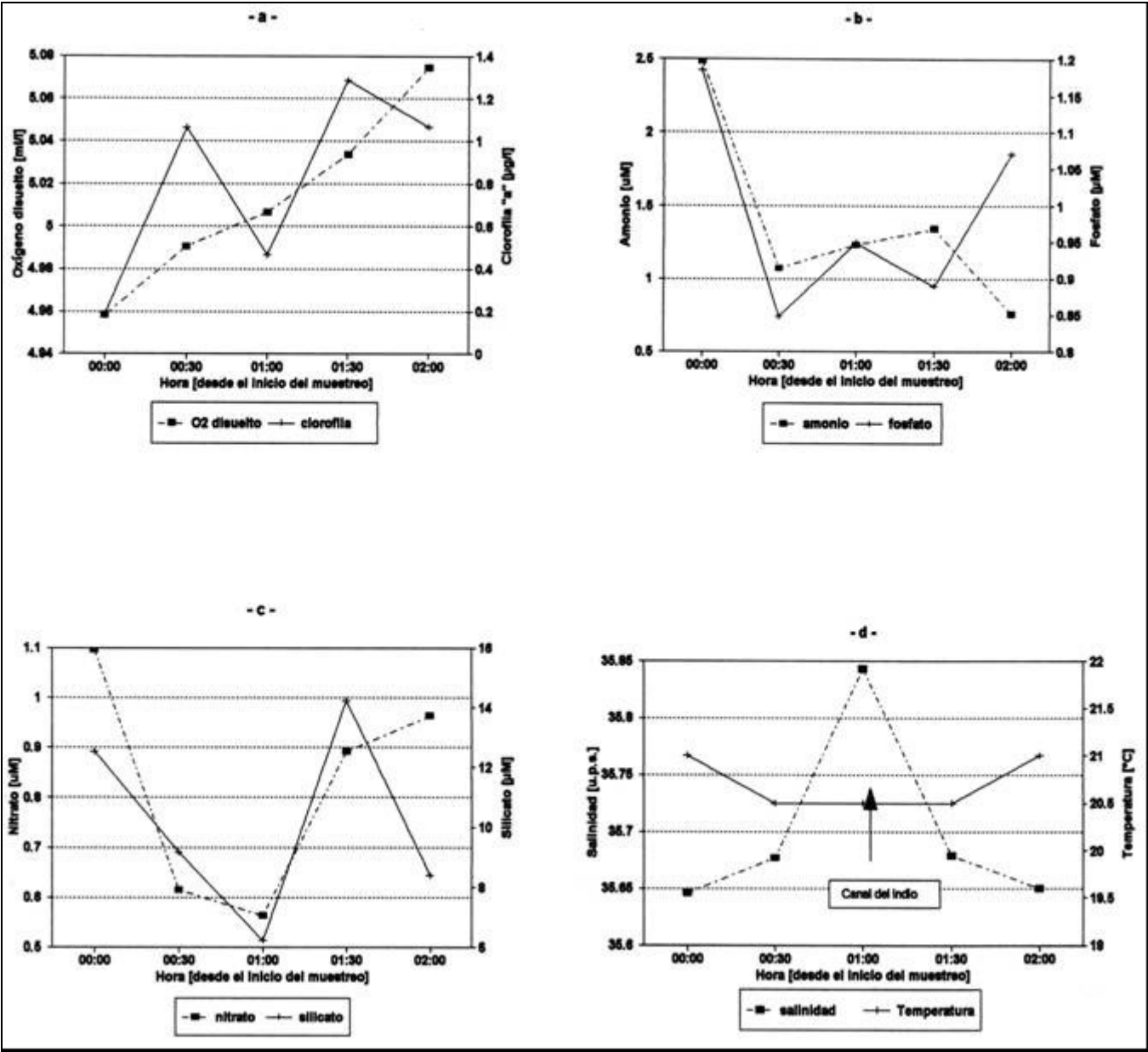


Figura N° 06: Relaciones entre grupos algales

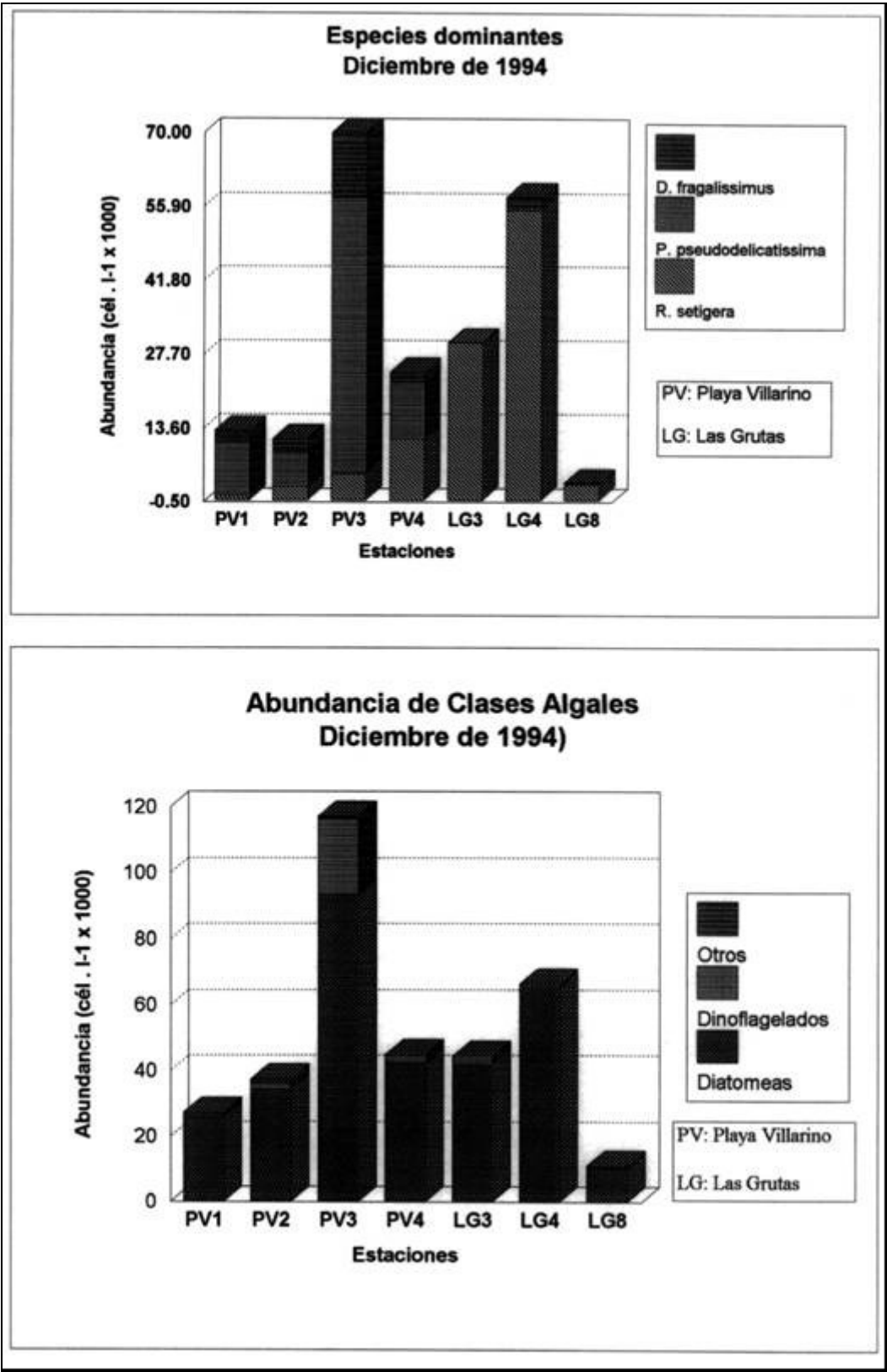


Figura N° 07: Bahía de San Antonio – Punta Verde - Octubre de 1995

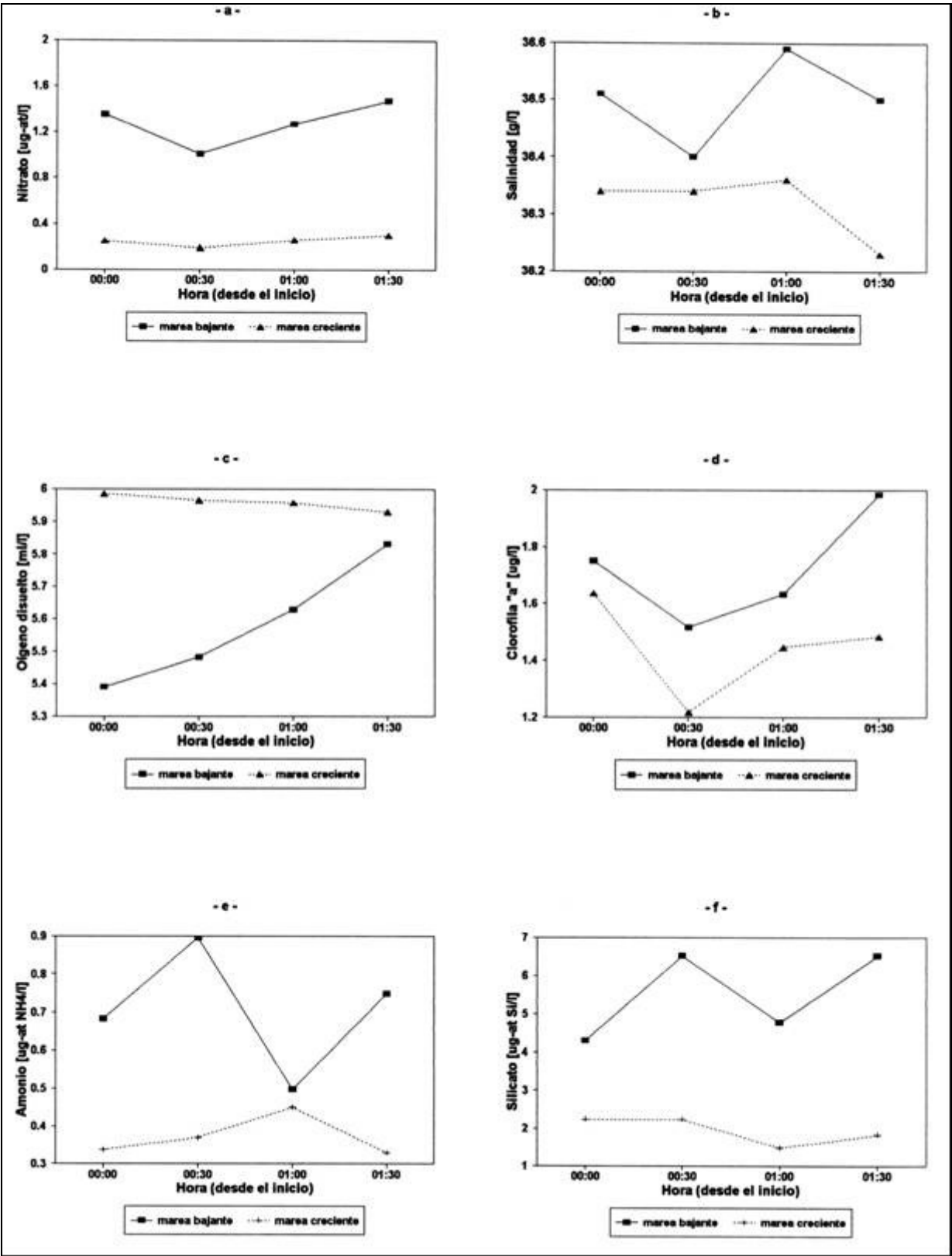


Figura N° 08: Bahía de San Antonio – Banco de las Garzas – Octubre de 1995

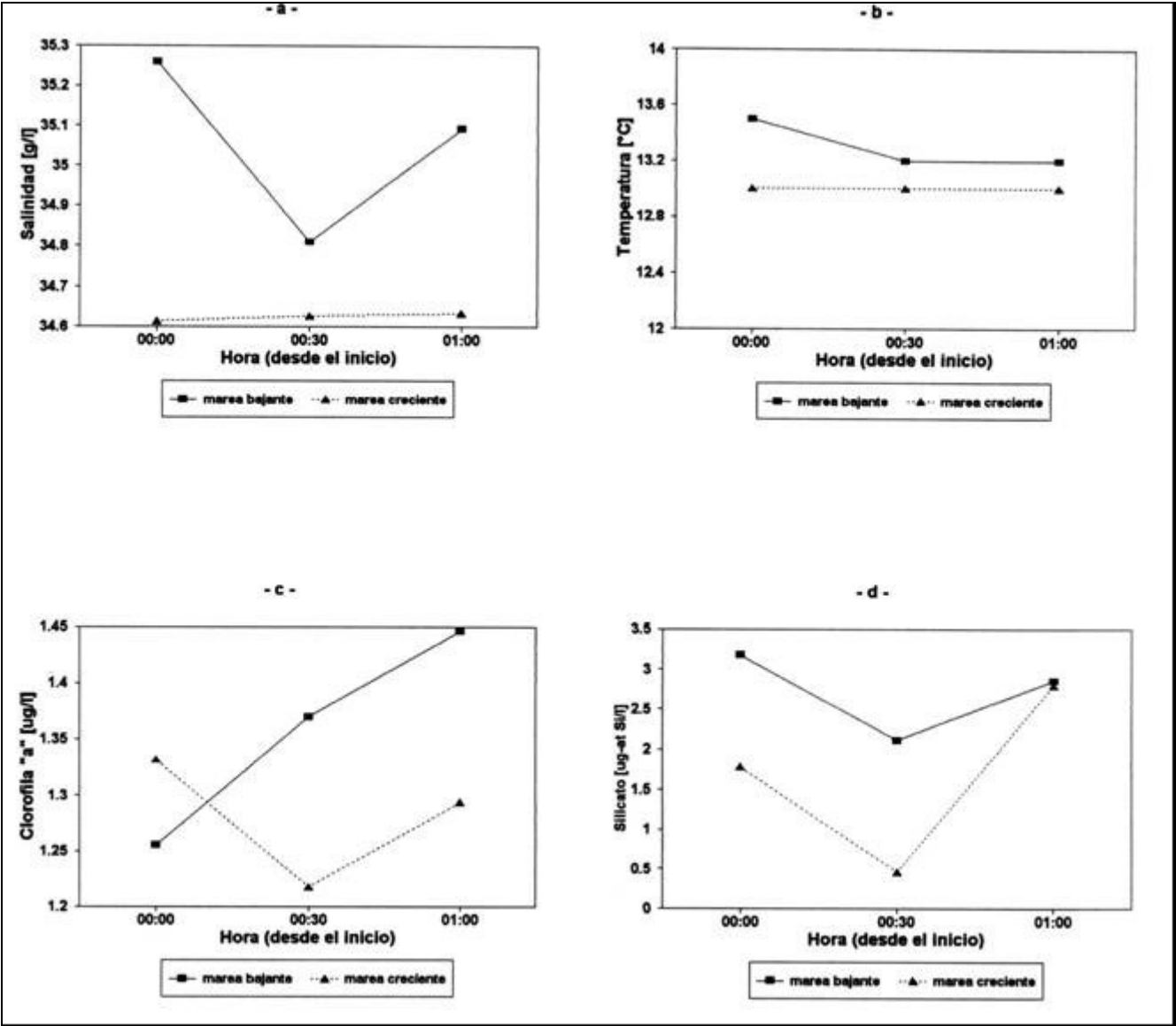


Figura N° 09: Bahía de San Antonio – Boya derivante – Octubre de 1995

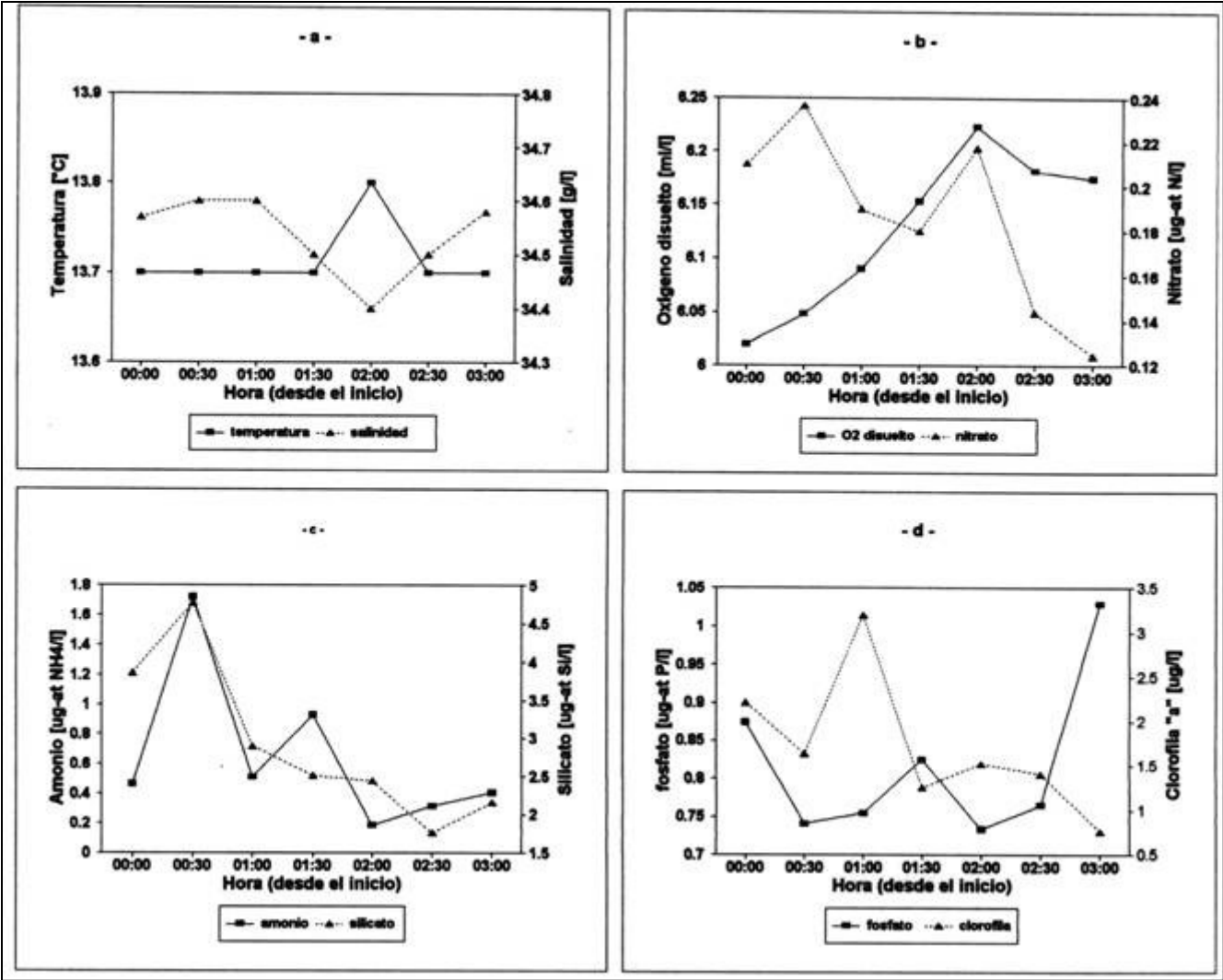


Figura N° 10

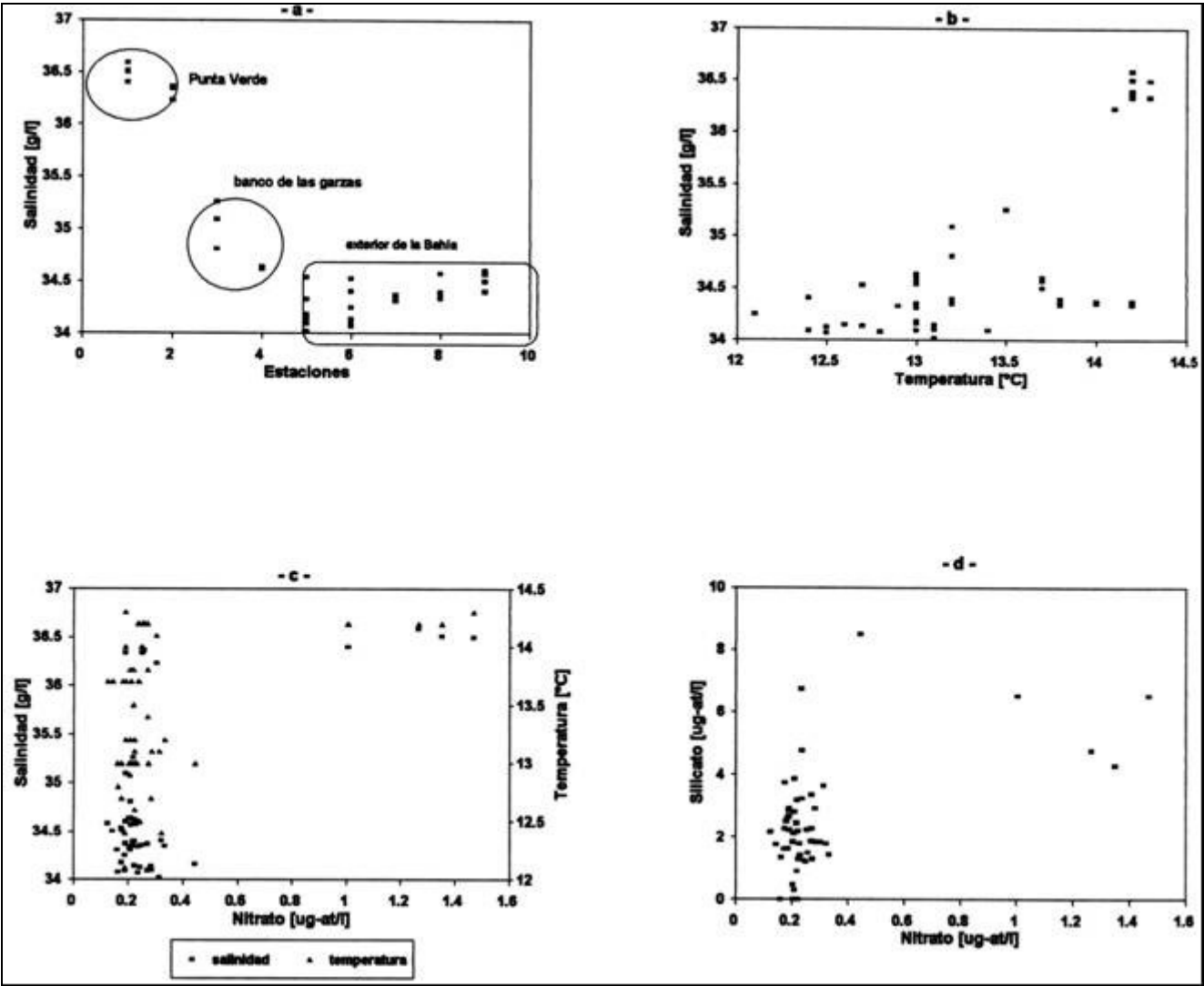


Tabla N° 01: Bahía San Antonio, Las Grutas y Playa Villarino – Diciembre 1994

[illegible]

Tabla Nº 03: Taxa identificadas en la Bahía San Antonio.

DIATOMEAS	DINOFLAGELADOS
<i>Melosira nummuloides</i>	<i>Prorocentrum micans</i>
<i>Cyclotella</i> sp.	<i>Ceratium tripos</i>
<i>Thalassiosira</i> spp.	<i>Ceratium tripos tripos</i>
<i>Rhizosolenia setigera</i>	<i>Ceratium fusus</i>
<i>Rhizosolenia</i> sp.	<i>Protoperidinium punctulatum</i>
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	<i>P. conicoides</i>
<i>Leptocylindrus minimus</i>	<i>P. aff. aerolanum</i>
<i>Chaetoceros affinis</i>	<i>P. aff. bispinum</i>
<i>Ch. didymus</i>	<i>Ensiculifera angulata</i>
<i>Chaetoceros</i> sp.1	<i>Scipsiella trochoidea</i>
<i>Chaetoceros</i> sp.2	<i>Gonyaulax</i> sp.
<i>Odontella aurita</i>	<i>Oblea baculifera</i>
<i>Delphineis surirella</i>	
<i>Cocconeis</i> sp.	
<i>Grammatophora marina</i>	
<i>Amphiprora</i> sp.	
<i>Pleurosigma</i> spp.	
<i>Cylindrotheca closterium</i>	
<i>Pseudonitzschia delicatissima</i>	
<i>P. aff. seriata</i>	
<i>N. longissima</i>	
<i>Nitzschia</i> sp.1	
<i>Nitzschia</i> sp.2	
	SILICOFLAGELADOS
	<i>Distephanus speculum</i>
	<i>Dictyocha fibula</i>
	NANOPLANKTON s/l

Tabla Nº 04: Análisis Bacteriológico – Bahía de San Antonio – Diciembre 1994 (16/12/944)

Muestra	Hora	Lugar	Características organolépticas			Temp [°C]	pH	Coliformes totales	Coliformes fecales
			Aspecto	Color	Olor				
1	16:00	Instituto Stomi	transparente	incoloro	inodoro	25.5	5.5	2	0
5	14:50	Balneario	transparente	incoloro	inodoro	27.5	5.5	0	0
6	14:30	Canal del Indio	transparente	incoloro	inodoro	28	6	2	0
2	15:00	Muelle SAO	transparente con part. en suspensión	incoloro	inodoro	21.5	6	13	0
4	15:20	Pesq. Camaronera Patagónica	transparente	incoloro	inodoro	25.5	5	23	0

Tabla N° 05: Bahía San Antonio, Las Grutas y Playa Villarino – Octubre 1995

Localidad	Condición		TEMP (°C)	SALIN [g/l]		O2 dis. [ml/l]	O2 sat. [%]	N-NO3	N-NO2	N-NH4	P-PO4 [ug-at P/l]	Si-SiO3 [ug-at Si/l]	CLOROF [mg/m3]	Alc. total [meq/l]	Alc. espec. [meq/l/clor]	Fit. total [cél/l]
								[ug-at N/l]								
PuntaVerde	bajante	Media	14.23	36.50	(1)	5.58	97.50	1.27	0.08	0.71	0.90	5.52	1.72	2.537	0.122	170000
		Desv. std.	0.04	0.07		0.17	2.96	0.17	0.01	0.14	0.16	1.00	0.17	0.039	0.002	
		Nro. Datos	4	4		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Punta Verde	creciente	Media	14.20	36.32	(1)	5.96	103.75	0.25	0.02	0.37	0.84	1.94	1.45	2.322	0.113	411074
		Desv. std.	0.07	0.05		0.02	0.43	0.04	0.01	0.05	0.09	0.31	0.15	0.007	0.000	
		Nro. Datos	4	4		4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	
Banco Garzas	bajante	Media	13.30	35.05	(2)	5.30	89.95	0.21	0.01	0.26	0.86	2.71	1.36	2.431	0.122	55760
		Desv. std.	0.14	0.19		0.12	1.88	0.01	0.01	0.04	0.03	0.44	0.08	0.028	0.001	
		Nro. Datos	3	3		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Banco Garzas	creciente	Media	13.00	34.63	(2)	5.44	91.51	0.21	0.03	0.24	0.92	1.68	1.28	2.367	0.121	51441
		Desv. std.	0.00	0.01		0.18	3.10	0.01	0.02	0.05	0.04	0.95	0.05	0.007	0.000	
		Nro. Datos	3	3		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Las Grutas	superficie	Media	13.01	34.19	(2)	6.05	101.50	0.28	0.02	0.29	0.93	2.36	1.38	2.319	0.120	56207
		Desv. std.	0.20	0.15		0.16	2.84	0.08	0.02	0.21	0.10	1.05	0.51	0.005	0.000	17738
		Nro. Datos	9	9		9	9	9	9	9	9	8	9	3	3	2
Las Grutas	fondo	Media	12.58	34.20	(2)	6.29	104.51	0.23	0.02	0.09	0.88	2.49	1.60			
		Desv. std.	0.27	0.15		0.34	5.75	0.05	0.02	0.08	0.11	1.60	0.98			
		Nro. Datos	9	9		9	9	9	9	9	9	9	9			
Playa Villarino	superficie	Media	13.53	34.34	(2)	6.02	102.31	0.23	0.02	0.48	0.81	1.64	2.09	2.312	0.119	237828
		Desv. std.	0.49	0.02		0.34	6.30	0.06	0.01	0.25	0.06	1.19	1.63	0.002	0.000	99383
		Nro. Datos	6	6		6	6	6	6	6	6	6	6	3	3	3
Playa Villarino	fondo	Media		34.40	(2)			0.23	0.02	0.20	0.82	0.89	1.44			
		Desv. std.		0.08				0.02	0.02	0.11	0.09	0.69	0.50			
		Nro. Datos		6				6	6	6	6	6	6			
Boya deriv.	superficie	Media	13.71	34.54	(1)	6.13	104.43	0.19	0.01	0.65	0.82	2.91	1.71			
		Desv. std.	0.03	0.07		0.07	1.05	0.04	0.01	0.49	0.10	0.97	0.73			
		Nro. Datos	7	7		7	7	7	7	7	7	7	7			

(1): Sonda YSI 6.000

(2): Salinómetro Plessey

Tabla N° 06: Abundancia y presencia de especies de fitoplancton

Abundancia media de las especies en las muestras	[cél/l]
Rhizosolenia setígera	15000
Nitzschia delicatissima	9007
Dactyliosolen fragilissimus	2610
Enciculifera angulata	1700
Nitzschia aff seriata	1333

Presencia de las especies en las muestras (>del 50%)	[cél/l]
Rhizosolenia setígera	100
Dactyliosolen fragilissimus	85
Chaetoceros affinis	85
Nitzschia delicatissima	57
Cocconeis sp	57
Amphiprora sp	57