

**ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA
EN LA RÍA DE BAHIA BLANCA
(2ª. ETAPA)**

INFORME FINAL

**INSTITUTO ARGENTINO DE OCEANOGRAFIA
(I.A.D.O.)**

Bahía Blanca, Julio de 2000

INTRODUCCION

La Bahía Blanca es un ambiente transicional, localizado en el extremo sudoriental de la Provincia de Buenos Aires. Tiene numerosas características que la hacen sumamente particular, entre las que podemos destacar las siguientes:

- Es un sistema con una dinámica natural muy compleja, incluyendo aspectos geológicos, fisico-químicos y biológicos.
- En Bahía Blanca coexisten *procesos naturales* propios de ambientes de este tipo con *procesos antrópicos* muy intensos (actividades portuarias, industriales, agropecuarias, urbanas, etc).
- El equilibrio entre estos procesos, así como sus posibles desplazamientos en cualquier sentido, no han sido hasta el momento convenientemente evaluados, por lo que resulta necesario llevar adelante estudios de base que permitan estimarlos.

Por los motivos anteriormente mencionados, la Cámara Regional de la Industria de Bahía Blanca solicitó al Instituto Argentino de Oceanografía (IADO) la realización de un Programa de Monitoreo de la Ría de Bahía Blanca, de un año de duración, dirigido a evaluar la calidad de sus aguas. Este Programa se desarrolló entre los meses de junio de 1996 y mayo de 1997, período durante el cual se llevaron adelante análisis fisico-químicos, microbiológicos y biológicos que permitieron caracterizar la situación ambiental de este sistema desde el punto de vista de los parámetros analizados. En el mes de diciembre de 1997 se presentó el correspondiente Informe Final a la Cámara Regional de la Industria, quienes - luego de realizar su análisis crítico- lo hicieron público.

Justamente a partir de los resultados obtenidos en ese primer estudio integral del sistema, y teniendo en cuenta algunas preguntas que quedaban abiertas en el mismo, el IADO sugirió la conveniencia de realizar estudios complementarios, que brindarían nuevos elementos de juicio para una comprensión más acabada de la situación ambiental de la ría de Bahía Blanca.

Durante los últimos meses de 1998 y principios de 1999 se concensuó el esquema de trabajo, que nuevamente se desarrollaría durante un año. Finalmente, en junio de 1999 se inició el trabajo que se desarrolló hasta mayo de 2000. Este Informe Final presenta los resultados obtenidos en este período, y sintetiza las conclusiones a las que se ha llegado en esta fase de la investigación.

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Descripción del área de trabajo

La Bahía Blanca está localizada entre los 38°45' y los 35°10' de latitud sur, y entre los 61°45' y los 62°30' de longitud oeste. Tiene un recorrido cercano a los 80 km en el S.E de la Provincia de Buenos Aires, con un trazo que va en la dirección N.O - S.E.

Esta región está surcada por un gran número de canales marinos que desaguan en el Canal Principal de Navegación, el cual se destaca claramente en bajamar, con unos 400 km² de superficie cubiertos. En cambio, en condiciones de pleamar las aguas cubren una superficie de 1300 km² (Pucci et al, 1979)

En el veril norte del Canal Principal de Navegación desaguan los canales de la Ballena, Maldonado arroyo Galván, río Sauce Chico y el arroyo napostá Grande. En el veril sur se vierten los canales Bermejo, Tres Brazas, de la Lista y del Embudo, y los arroyos Laborde, de las Vizcachas y Cabeza de Buey.

Sobre la costa norte de la bahía se encuentran los asentamientos urbanos de General Cerri, Ingeniero White, Punta Alta y Bahía Blanca, sumando una población de más de 300.000 habitantes, y los puertos Cuatreros, Galván, Ingeniero White, Rosales y el puerto militar de la Base Naval de Puerto Belgrano. El canal principal es diariamente navegado por embarcaciones pesqueras, buques de carga y de transporte de combustible.

La costa sur de Bahía Blanca no tiene límites definidos ya que varía totalmente con el estado de marea ; está caracterizada además por la presencia de numerosas islas e islotes.

La zona interior de la bahía se continúa con el Salitral de la Vidriera (o de Garnica), que penetra en el continente en la dirección N.O., incluyendo lagunas y salinas. La cuenca interna de la Bahía Blanca presenta características estuariales, sobre todo en períodos de precipitaciones intensas.

El ambiente está sujeto a un régimen de mareas semi-diurno, con una amplitud entre 3 y 3,5 metros.

Las principales vías de acceso de sustancias exógenas a este sistema son efluentes de los núcleos urbanos, efluentes de origen industrial y efluentes producidos por curtiembres, operaciones de faenado de ganado e industrias relacionadas. Todos ellos lo hacen a través de los cursos de agua dulce que desaguan en la bahía. A partir de las actividades de refinerías e industria petroquímicas, y del almacenamiento y transporte de combustibles, ingresan al sistema compuestos orgánicos derivados del petróleo. El dragado del Canal Principal de Navegación es otra de las actividades importantes en el área que inciden en el transporte de contaminantes. Existe además un aporte atmosférico continuo de sustancias provenientes de la utilización de combustibles fósiles, humos, partículas en suspensión y productos de actividades industriales y urbanas (Pucci *et al.*, 1980).

Por los motivos descritos en los párrafos previos, y teniendo presentes los resultados obtenidos en la primera etapa de trabajo y monitoreo (IADO, 1997), se planteó la realización de un Programa de Monitoreo tendiente a evaluar la Calidad del Agua de la Ria de Bahía Blanca y complementar la información existente. Para ello se estableció el siguiente protocolo de trabajo:

- Se diseñó un programa de muestreo que incluye siete (7) estaciones de muestreo para la determinación de parámetros físico-químicos y sustancias potencialmente contaminantes. Estas estaciones se distribuyeron así: cuatro (4) a lo largo del Canal Principal, y tres (3) en la zona de descarga de las industrias (***Figura 1***).
- El Laboratorio de Química Marina del IADO llevó adelante un muestreo estacional (4 muestreos/año) en los sitios previamente fijados, en los que se realizó la cuantificación de los siguientes parámetros:
 - Temperatura del agua
 - Salinidad del agua

- PH del agua
 - potencial de óxido-reducción del agua
 - turbidez del agua
 - nutrientes inorgánicos (NO_2 , NO_3 , NH_4 , PO_4 , SiO_3) en agua de mar
 - clorofila a y feopigmentos en material particulado en suspensión
 - materia orgánica particulada
 - oxígeno disuelto en agua de mar
 - metales pesados disueltos en agua de mar
 - metales pesados en sedimentos
 - hidrocarburos totales disueltos en agua de mar
 - hidrocarburos totales en sedimentos
-
- También se realizó el estudio de la partición o fraccionamiento geoquímico de los metales pesados evaluados en los sedimentos de la ría, y además se determinó la *especiación* ("forma química en que están presentes") de los mismos.
 - Por último, se estudió la presencia, concentración y distribución de metales pesados potencialmente tóxicos en tejidos de algunas especies de peces muy características de la ría de Bahía Blanca.

2.2. Metodologías utilizadas

Todas las determinaciones enumeradas en los párrafos precedentes se llevaron adelante utilizando metodologías internacionalmente convalidadas, y sugeridas para este tipo de evaluación integral. Los métodos que se emplearon para las determinaciones de los parámetros físico-químicos son:

- temperatura : determinación *in situ*.
- Salinidad : determinación *in situ*.
- pH : determinación *in situ*.
- Turbidez : determinación *in situ*.
- Oxígeno disuelto : determinación *in situ*.
- Nitratos : Treguer & Le Corre (1975)
- Nitritos : Grasshoff *et al.* (1983)
- Amonio : Treguer & Le Corre (1975)
- Fosfatos : Eberlein & Kattner (1987)
- Silicatos : Technicon® (1973)
- Clorofila a y feopigmentos : Lorenzen (1967))
- Materia orgánica particulada: Strickland & Parsons (1968)
- Metales disueltos : Koirtyohann & Wen (1973)
- Metales particulados : Marcovecchio *et al.* (1988)
- Hidrocarburos totales disueltos: A.P.H.A. (1992)
- Hidrocarburos totales en sedimentos: A.P.H.A. (1992)

Por otro lado, para el estudio del fraccionamiento geoquímico de los metales pesados en sedimentos se aplicó la metodología descrita por Megalatti (1983) con las modificaciones de Lacerda *et al.* (1988).

Para la evaluación de la forma química ("*especiación*") en la que se presentan los metales pesados en las áreas bajo estudio se utilizó el programa GEOCHEM® 2.0.

Por último, las determinaciones de mercurio total en tejidos de peces se realizaron siguiendo la técnica de Uthe *et al.* (1970), mientras que las de los otros metales pesados estudiados se hicieron siguiendo el método de Marcovecchio *et al.* (1988.a).

Los trabajos de campo, de laboratorio, de procesamiento de datos, e interpretación de la información obtenida fueron realizados por personal científico y técnico del Laboratorio de Química Marina del Instituto Argentino de Oceanografía (IADO). Los profesionales intervinientes fueron:

Dr Jorge Marcovecchio (IADO - CONICET)

Lic Raúl Asteasuain (IADO - CONICET)

Lic Laura Ferrer (IADO - CONICET)

Lic Santiago Andrade (IADO - CONICET)

Lic Armando Asteasuain (IADO - CONICET)

Prof Elena Contardi (IADO - CONICET)

Dr Rubén Hugo Freije (UNS)

RESULTADOS OBTENIDOS

Durante el año de trabajo se realizaron cuatro campañas estacionales de investigación en la ría de Bahía Blanca. Las mismas correspondieron a **invierno** (30/06/99), **primavera** (15/09/99), **verano** (15/12/99) y **otoño** (22/03/00). Los resultados obtenidos en cada una de las mismas se presentan en las páginas siguientes (**Tabla 1, 2, 3** y **4**).

| campaña 1 | | | | | | | |
|------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| fecha: 30/06/99 | | | | | | | |
| estación | A | B | C | D | E | F | G |
| Profundidad (m) | 12.8 | 10.6 | 12 | 4.5 | 0.3 | 0.4 | 0.5 |
| Temp(° C) | 8.2 | 8.4 | 7.4 | 6.8 | 9.5 | 8.5 | 8 |
| Salinidad (gr/kgr) | 35.15 | 33.94 | 32.98 | 25.39 | 33.18 | 32.47 | 33.81 |
| Turbidez (u.d.t.) | 37 | 14 | 11 | 21 | 19 | 10 | 17 |
| Oxíg. Dis.(mg/L) | 10.0 | 9.7 | 10.1 | 12.5 | 10.2 | 8.9 | 10.4 |
| pH | 8.1 | 8.14 | 8.2 | 8.4 | 8.1 | 8.1 | 8.2 |
| Nitritos (µmoles) | 0.70 | 1.17 | 0.94 | 0.29 | 1.15 | 2.11 | 1.26 |
| Nitratos (µmoles) | 12.49 | 10.27 | 8.75 | 2.20 | 9.21 | 9.19 | 9.24 |
| Amonio (µmoles) | 3.47 | 9.96 | 9.98 | 19.73 | 20.19 | 10.01 | 12.65 |
| Fosfatos (µmoles) | 2.19 | 2.20 | 1.50 | 0.19 | 2.19 | 3.22 | 2.28 |
| Silicatos (µmoles) | 73.48 | 90.67 | 96.40 | 155.73 | 88.65 | 98.76 | 92.70 |
| MOP (mg/m ³) | 2386 | 3594 | 1919 | 1402 | 842 | 1688 | 1736 |
| Clorofila "a" (mg/m ³) | 2.38 | 2.37 | 0.75 | 6.55 | 3.97 | 2.41 | 4.74 |
| Feopigmentos (mg/m ³) | 5.72 | 3.21 | 12.83 | 27.29 | 3.8 | 5.48 | 2.79 |
| Hg dis. µg/L | N.D. | 1.11 | 0.83 | N.D. | 0.69 | 0.83 | N.D. |
| Zn dis. µg/L | 55.29 | 56.42 | 25.00 | 28.03 | N.D. | 15.16 | 23.49 |
| Cd dis. µg/L | 0.53 | 1.79 | N.D. | N.D. | 0.34 | 0.69 | 0.53 |
| Pb dis. µg/L | N.D. | 3.48 | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | 2.61 |
| Cr dis. µg/L | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. |
| Hg sed. µg/g | N.D. | 0.08 | 0.06 | N.D. | 0.15 | N.D. | 0.22 |
| Zn sed. µg/g | 33.06 | 87.82 | 123.38 | 122.23 | 116.96 | 101.31 | 25.46 |
| Cd sed. µg/g | 0.39 | 0.96 | 1.28 | 0.96 | 1.18 | 1.02 | 0.54 |
| Pb sed. µg/g | 5.78 | 19.23 | 20.88 | 16.69 | 18.75 | 17.33 | 6.44 |
| Cr sed. µg/g | 2.04 | 10.44 | 11.23 | 10.05 | 10.66 | 8.60 | 1.76 |
| Hc (dis) mg/lt | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. |
| Hc (sed) mg/g peso seco | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. |
| Pot. Redox | 110 | 108 | 140 | 155 | 230 | 280 | 320 |

Tabla 1 : Datos obtenidos en la campaña oceanográfica de invierno.

| Campaña 2 | | | | | | | |
|------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Fecha:15/09/99 | | | | | | | |
| Estación | A | B | C | D | E | F | G |
| Profundidad (m) | 6.9 | 16.5 | 6.6 | 3.4 | 1.8 | 1.7 | 1.3 |
| Temp(° C) | 10.5 | 11.2 | 11.1 | 11.1 | 14.3 | 12.1 | 11.8 |
| Salinidad(g/kg) | 35.22 | 33.69 | 32.16 | 23.67 | 32.92 | 32.09 | 33.37 |
| Turbidez (u.d.t.) | 60 | 110 | 160 | 168 | 364 | 1710 | 378 |
| Oxíg. Dis.(mg/L) | 7.8 | 7.6 | 7.8 | 8.2 | 7.6 | 7.8 | 7.7 |
| PH | 8.1 | 8.2 | 8.3 | 8.4 | 8.3 | 8.3 | 8.3 |
| Nitritos (µmoles) | 0.29 | 0.38 | 0.37 | 0.63 | 0.64 | 0.72 | 1.35 |
| Nitratos (µmoles) | 1.60 | 2.09 | 1.01 | 3.88 | 1.91 | 1.97 | 4.03 |
| Amonio (µmoles) | 11.39 | 23.04 | 16.46 | 21.52 | 20.89 | 36.71 | 13.92 |
| Fosfatos (µmoles) | 0.64 | 0.74 | 0.47 | 0.49 | 0.49 | 0.60 | 0.34 |
| Silicatos (µmoles) | 52.01 | 53.45 | 75.64 | 165.82 | 58.91 | 58.91 | 53.09 |
| MOP (mg/m ³) | 2053 | 4488 | 2481 | 2528 | 5109 | 3680 | 4246 |
| Clorofila "a" (mg/m ³) | 8.69 | 9.3 | 9.52 | 2.56 | 8.4 | 2.11 | 4.15 |
| Feopigmentos"(mg/m ³) | 6.19 | 7.02 | 8.29 | 15.13 | 29.54 | 27.00 | 41.42 |
| Hg dis. µg/L | N.D. | 0.57 | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. |
| Zn dis. µg/L | 73.57 | 65.37 | 58.82 | 2.29 | 1.47 | 47.35 | 46.53 |
| Cd dis. µg/L | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. |
| Pb dis. µg/L | N.D. | 4.91 | 3.82 | N.D. | 6.00 | 6.55 | N.D. |
| Cr dis. µg/L | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. |
| Hg sed. µg/g | N.D. | 0.04 | 0.05 | N.D. | 0.16 | 0.27 | 0.06 |
| Zn sed. µg/g | 30.73 | 72.31 | 73.86 | 27.8 | 44.35 | 85.14 | 69.43 |
| Cd sed. µg/g | 0.21 | 1.07 | 0.96 | 0.37 | 0.79 | 0.95 | 0.93 |
| Pb sed. µg/g | 6.14 | 20.94 | 20.43 | 7.64 | 18.39 | 19.61 | 17.61 |
| Cr sed.µg/g | 2.85 | 12.15 | 11.86 | 2.66 | 11.85 | 12.52 | 10.84 |
| Hc (dis) mg/lt | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. |
| Hc (sed) mg/g peso seco | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. |
| Pot. Redox | 170 | 165 | 180 | 180 | 170 | 170 | 230 |

Tabla 2 : Datos obtenidos en la campaña oceanográfica de primavera.

| campaña 3 | | | | | | | |
|-------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Fecha:15/12/99 | | | | | | | |
| Estación | A | B | C | D | E | F | G |
| Profundidad (m) | 12.5 | 8.0 | 10.2 | 3.4 | 2.2 | 2,,70 | 2.7 |
| Temp(° C) | 21.5 | 23.1 | 24.4 | 24.9 | 25.2 | 25.4 | 25.7 |
| Salinidad (gr/kgr) | 36.49 | 37.00 | 35.98 | 30.11 | 36.87 | 36.49 | 37.39 |
| Turbidez (u.d.t.) | 78 | 239 | 138 | 154 | 128 | 90 | 96 |
| Oxíg. Dis.(mg/L) | 5.9 | 4.8 | 5.6 | 5.6 | 6.1 | 6.2 | 5.8 |
| pH | 8.2 | 8.2 | 8.2 | 8.3 | 8.3 | 8.5 | 8.4 |
| Nitritos (µmoles) | 0.52 | 9.44 | 7.04 | 1.93 | 7.87 | 6.89 | 2.11 |
| Nitratos (µmoles) | 11.23 | 11.41 | 10.77 | 6.48 | 12.15 | 12.22 | 2.59 |
| Amonio (µmoles) | 7.50 | 10.03 | 13.75 | 14.38 | 11.25 | 15.01 | 8.13 |
| Fosfatos (µmoles) | 1.74 | 4.07 | 1.65 | 1.22 | 1.99 | 1.93 | 1.13 |
| Silicatos (µmoles) | 59.66 | 90.17 | 101.02 | 77.29 | 103.05 | 105.76 | 103.73 |
| MOP (mgr/m ³) | 2284 | 3816 | 2938 | 3702 | 3501 | 3034 | 2759 |
| Clorofila "a" (mgr/m ³) | 0.35 | 5.21 | 5.13 | 8.95 | 7.92 | 7.14 | 7.53 |
| Feopigmentos(mgr/m ³) | 10.52 | 3.74 | 9.38 | 6.85 | 15.47 | 8.25 | 9.69 |
| Hg dis. µg/L | N.D. | 0.30 | 0.22 | 0.30 | 0.14 | N.D. | 0.14 |
| Zn dis. µg/L | 53.59 | 21.33 | 25.41 | N.D. | N.D. | 13.54 | N.D. |
| Cd dis. µg/L | N.D. | 0.21 | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. |
| Pb dis. µg/L | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. |
| Cr dis. µg/L | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. |
| Hg sed. µg/g | 0.06 | 0.10 | 0.04 | 0.00 | 0.09 | 0.11 | 0.06 |
| Zn sed. µg/g | 230.82 | 564.51 | 439.34 | 172 | 661.48 | 706.8 | 590.86 |
| Cd sed. µg/g | 0.77 | 1.11 | 1.02 | 1.48 | 1.19 | 1.26 | 1.3 |
| Pb sed. µg/g | 7.31 | 19.91 | 15.72 | 12.16 | 18.5 | 19.03 | 18.2 |
| Cr sed.µg/g | 4.13 | 13.29 | 11.16 | 4.52 | 13.16 | 13.89 | 13.62 |
| Hc (dis) mg/lt | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. |
| Hc (sed) mg/g peso seco | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. |
| Pot. redox | 140 | 110 | 250 | 160 | 280 | 145 | 390 |

Tabla 3 : Datos obtenidos en la campaña oceanográfica de verano.

| Campaña 4 | | | | | | | |
|-------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Fecha:22/03/00 | | | | | | | |
| Estación | A | B | C | D | E | F | G |
| Profundidad (m) | 8.8 | 9.2 | 5.0 | 4.8 | 1.1 | 1.6 | 1.4 |
| Temp(° C) | 19.9 | 19 | 18.1 | 18.1 | 17.9 | 18 | 17.5 |
| Salinidad (gr/kgr) | 35.03 | 34.01 | 32.22 | 24.50 | 33.37 | 32.35 | 33.24 |
| Turbidez (u.d.t.) | 29 | 39 | 30 | 84 | 75 | 109 | 125 |
| Oxíg. Dis.(mg/L) | 6.7 | 6.3 | 7.5 | 8.1 | 6.6 | 6.4 | 7.1 |
| PH | 7.9 | 7.8 | 7.8 | 8 | 7.9 | 7.8 | 7.8 |
| Nitritos (µmoles) | 2.47 | 7.23 | 4.71 | 2.08 | 6.35 | 6.79 | 5.69 |
| Nitratos (µmoles) | 8.60 | 6.40 | 7.38 | 12.23 | 9.97 | 20.88 | 7.61 |
| Amonio (µmoles) | 81.75 | 91.24 | 86.13 | 64.96 | 86.13 | 89.05 | 76.64 |
| Fosfatos (µmoles) | 2.07 | 2.32 | 1.97 | 1.13 | 2.29 | 3.06 | 1.83 |
| Silicatos (µmoles) | 67.94 | 92.06 | 96.50 | 150.48 | 94.60 | 104.76 | 97.78 |
| MOP (mgr/m ³) | 1944 | 2435 | 1869 | 2419 | 2536 | 2592 | 2689 |
| Clorofila "a" (mgr/m ³) | 0.86 | 3.75 | 3.65 | 1.76 | 3.87 | 1.66 | 4.06 |
| Feopigmentos (mgr/m ³) | 3.99 | 0.13 | 0.74 | 9.07 | 1.27 | 4.2 | 4.64 |
| Hg dis. µg/L | N.D. | N.D. | N.D. | 0.15 | N.D. | 0.22 | N.D. |
| Zn dis. µg/L | 33.57 | N.D. | N.D. | 37.64 | 39.5 | 50.62 | 38.01 |
| Cd dis. µg/L | N.D. | 0.12 | N.D. | 0.04 | 0.06 | N.D. | N.D. |
| Pb dis. µg/L | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. |
| Cr dis. µg/L | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. |
| Hg sed. µg/g | 0.36 | 0.38 | 0.25 | 0.26 | 0.25 | 0.60 | 0.28 |
| Zn sed. µg/g | 421.97 | 575.26 | 543.8 | 265.55 | 673.16 | 689.18 | 621.39 |
| Cd sed. µg/g | 0.57 | 0.87 | 1.05 | 0.89 | 1.08 | 1.15 | 1.2 |
| Pb sed. µg/g | 6.94 | 18.25 | 17.49 | 10.3 | 17.67 | 21.21 | 17.37 |
| Cr sed.µg/g | 6.38 | 13.22 | 12.42 | 6.2 | 13.03 | 15.21 | 14.22 |
| Hc (dis) mg/lt | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. |
| Hc (sed) mg/g peso seco | N.D. | N.D. | 0.09 | 0.11 | 0.06 | N.D. | 0.11 |
| Pot. Redox | 165 | 170 | 180 | 145 | 190 | 205 | 185 |

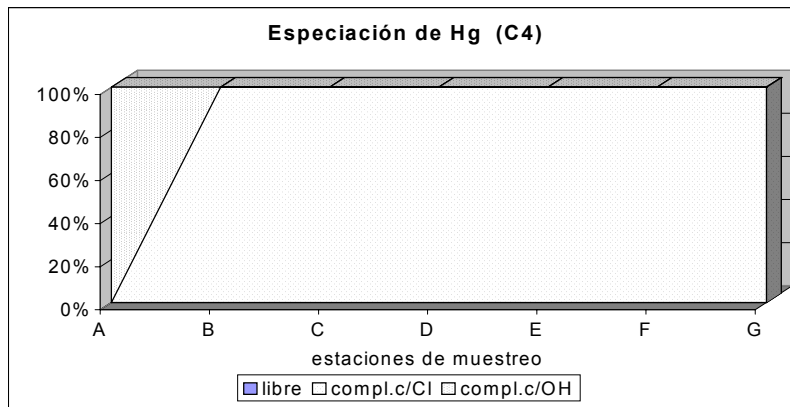
Tabla 4 : Datos obtenidos en la campaña oceanográfica de otoño.

1. ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS OCEANOGRÁFICOS.

Se analizaron los datos de parámetros oceanográficos obtenidos durante el año de trabajo, lo que permitió analizar el sistema bajo estudio desde un punto de vista hidrográfico, así como comparar estos valores con los correspondientes registros históricos. La distribución de parámetros que a continuación se describe permite sostener que -a lo largo de este período- ***el ambiente estudiado mostró un comportamiento normal, en general coincidente con los datos históricos tanto en magnitudes como en sincronidad.***

1.1. TEMPERATURA

Los valores de temperatura que se han registrado durante este año de trabajo muestran una distribución clásica, homogénea para todas las estaciones de muestreo.

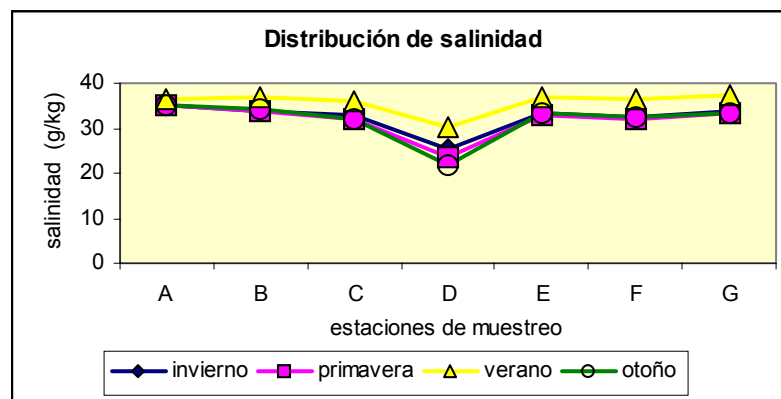


Las temperaturas registradas oscilaron entre los 6.8 - 9.5 °C -valores medidos en el invierno- y los 21.5 - 25.7 °C -durante el período estival-, con un patrón de ascenso/descenso suave. Tanto los valores registrados durante 1999/2000, como la tendencia general de distribución y variación del mismo período coinciden no sólo con los datos históricos de

Pucci *et al.* (1979) sino también con los informados en la primera fase del estudio (IADO, 1997).

1.2. SALINIDAD

Los valores de salinidad registrados durante 1999/2000 siguieron un patrón de distribución muy definido, y común para casi todas las estaciones de muestreo, con la excepción de la Estación D que usualmente



mostró concentraciones más bajas que el resto.

Las salinidades determinadas durante este período variaron entre 32.09 y 37.39 gr/kgr, con un patrón de distribución muy homogéneo. De hecho, la significativa homogeneidad en la distribución de la salinidad durante el período estudiado indica que en ese tiempo no se produjeron precipitaciones pluviales de magnitud suficiente como para hacer disminuir sus valores, tal y como se han registrado en otros años (Pucci *et al.*, 1980 ; Freije *et al.*, 1981 ; IADO, 1997).

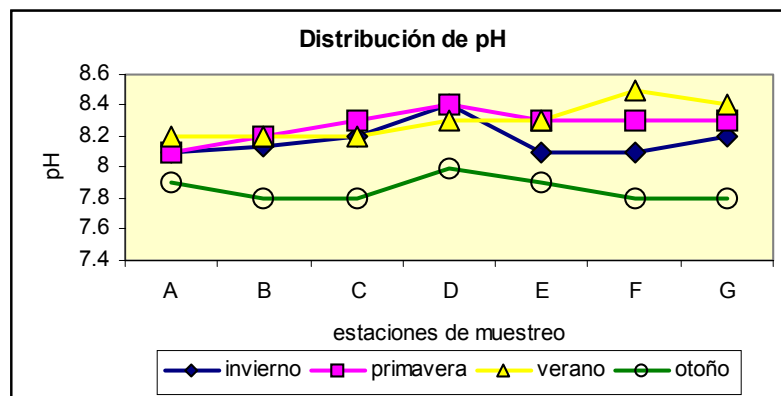
En el caso particular de la Estación D, durante todo el período presentó valores de salinidad significativamente menores que el resto de las estaciones ; esto se debe a que -en virtud a su localización- la muestra se ha tomado siempre en condiciones de marea baja avanzada, por lo que tiene un *efecto dilución* mucho mayor que las otras estaciones.

Tanto los valores de salinidad registrados durante 1999/2000, como la tendencia general de distribución y variación del mismo período coinciden con los datos históricos informados por Pucci *et al.* (1979 ; 1980), los de Freije *et al.* (1981) y los de la primera fase de este estudio obtenidos para la misma región (IADO, 1997).

1.3. DISTRIBUCION DE pH.

Los valores de pH que se registraron durante el período estudiado también muestran una distribución homogénea en la mayoría de las estaciones de muestreo. En general, estos valores variaron entre 7.8 y 8.4.

Tanto los valores de pH registrados, como su tendencia general de distribución coinciden plenamente con los datos históricos, oportunamente informados para la región (Pucci *et al.*, 1979 ; 1980).

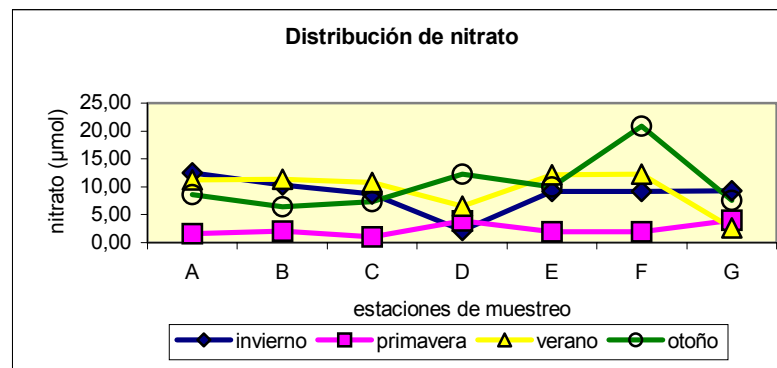


Por otra parte, la homogeneidad de la distribución permite inferir que las variaciones episódicas que se han registrado durante 1996/1997 (IADO, 1997) estarían ligadas a aportes exógenos.

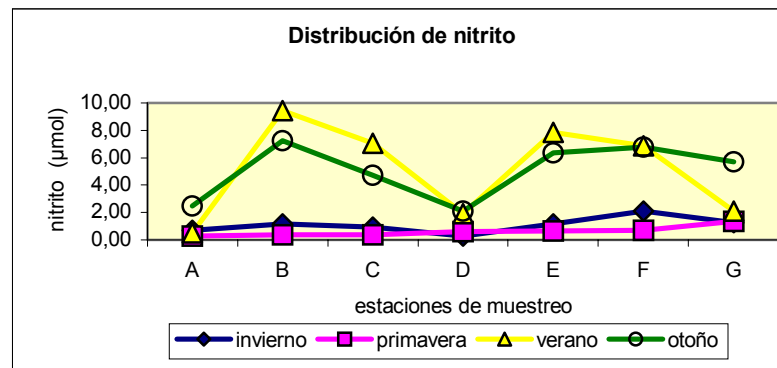
1.4. DISTRIBUCIÓN DE NUTRIENTES INORGÁNICOS

• NITRATOS Y NITRITOS

Al estudiar la distribución de los principales nutrientes nitrogenados (nitratos y nitritos) se observó una coincidencia plena en cuanto a sus concentraciones y distribuciones espacio-temporales, con concentraciones máximas en otoño y mínimas en primavera.



Las concentraciones de nitratos variaron entre los 2.20 y los 20.88 μ moles, con las concentraciones máximas en verano-otoño y las mínimas en invierno-primavera.



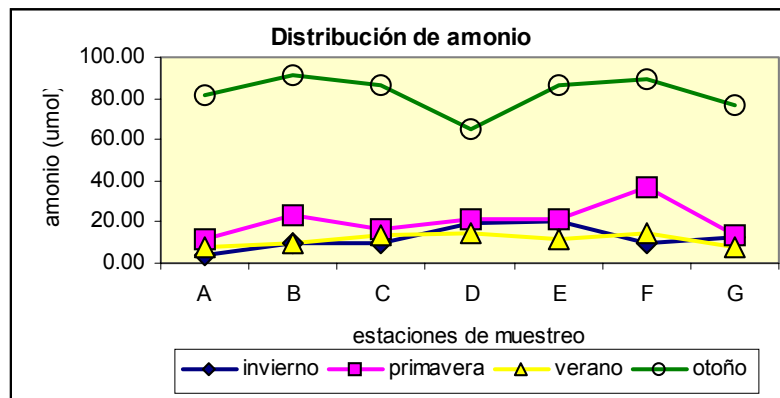
Por su parte las concentraciones de nitrito variaron entre los 0.29 y los 9.44 μ moles durante el mismo período, habiendo presentado también sus valores máximos en verano-otoño y los mínimos en invierno-primavera. Esta tendencia en la distribución -que se observa en ambas figuras- es característica del ciclo de nutrientes de nitrógeno en ambientes

como la ría de Bahía Blanca, y está íntimamente asociado tanto a los efectos del consumo de nutrientes por el fitoplancton, como de regeneración a través de procesos físico-químicos propios de un sistema estuarial.

Los niveles de nutrientes nitrogenados así como su distribución temporal coinciden con los antecedentes históricos del ambiente evaluado (Pucci *et al.*, 1979 ; 1980 ; Freije *et al.*, 1981), así como con los valores determinados durante la primera fase de este estudio (IADO, 1997).

• AMONIO

El amonio presentó una distribución particular, diferente a la de los otros compuestos nitrogenados estudiados en esta etapa, y que sintetizamos a continuación:

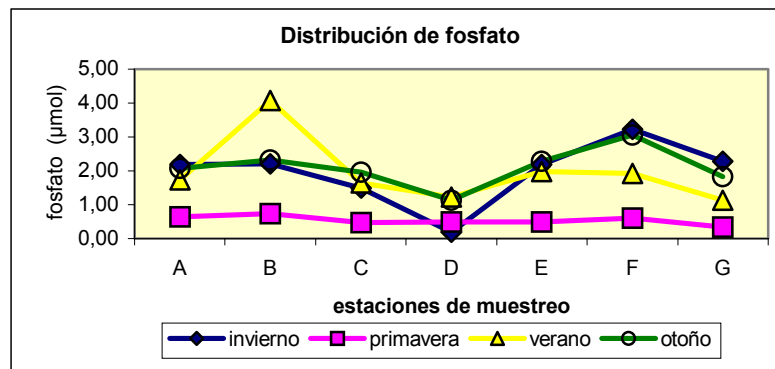


Se registraron las concentraciones mínimas de amonio (3.47 - 20.19 µmoles) en invierno y verano, con concentraciones intermedias (11.39 - 36.71 µmoles) en la primavera, y valores máximos en el otoño (64.69 - 91.24 µmoles). También en este caso las distribuciones están íntimamente ligadas a la dinámica del fitoplancton en el estuario, que tiene su pico de densidad -y por lo tanto de consumo de nutrientes- en invierno, y un pico secundario en verano. En este sentido es importante destacar que el amonio es el primer compuesto nitrogenado que consume el fitoplancton,

teniendo en cuenta que su incorporación y asimilación requieren una inversión energética mínima, significativamente menor que la necesaria para la utilización homóloga de nitratos y/o nitritos.

• FOSFATOS

La distribución de fosfatos que se observó a lo largo del período estudiado muestra una tendencia homogénea en la mayoría de las estaciones de muestreo, con valores mínimos en la primavera, y máximos



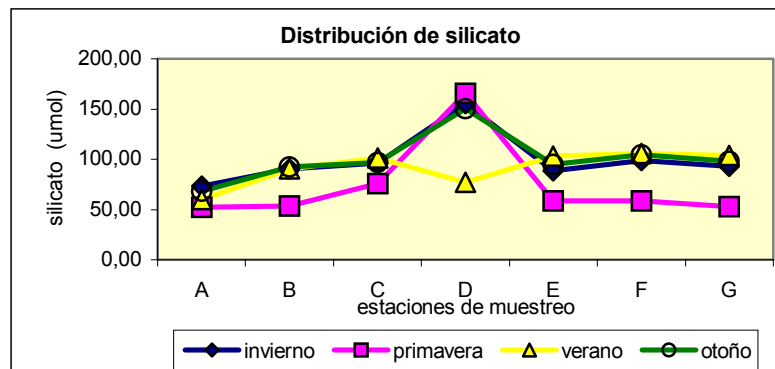
-de magnitud variable- durante el resto del año.

Las concentraciones de fosfatos alcanzaron valores próximos a los 4 µmoles, con un ciclo en el cual las concentraciones se mantienen altas excepto en la etapa de florecimiento fitoplanctónico (primavera), donde disminuyen a consecuencia del consumo de las microalgas. Luego, y a partir de procesos de regeneración, los niveles se recuperan.

Los contenidos de fosfatos determinados durante 1999/2000 coinciden con los antecedentes históricos (Pucci *et al.*, 1979 ; 1980 ; Freije *et al.*, 1981 ; IADO, 1997), tanto en valores de concentración como en distribución temporal.

• SILICATOS

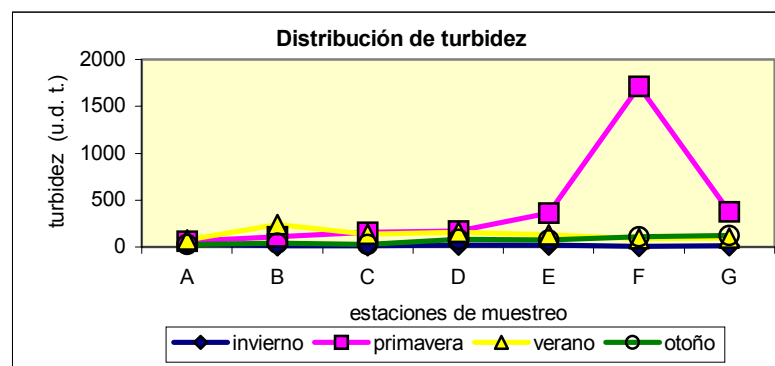
También la distribución de silicatos presentó una tendencia homogénea para la mayoría de las estaciones de muestreo, con sus valores mínimos en primavera y los máximos en otoño.



Los valores máximos de silicatos alcanzaron niveles próximos a los 150 μ moles, y los valores mínimos previamente mencionados están ligados al alto consumo de silicatos del fitoplancton durante el florecimiento primaveral, dominado fundamentalmente por diatomeas. Los valores de silicatos determinados durante 1999/2000 son similares a los determinados previamente en el sistema (Pucci *et al.*, 1979 ; 1980 ; IADO, 1997).

1.5. TURBIDEZ

Al analizar los datos de turbidez registrados durante ese período se

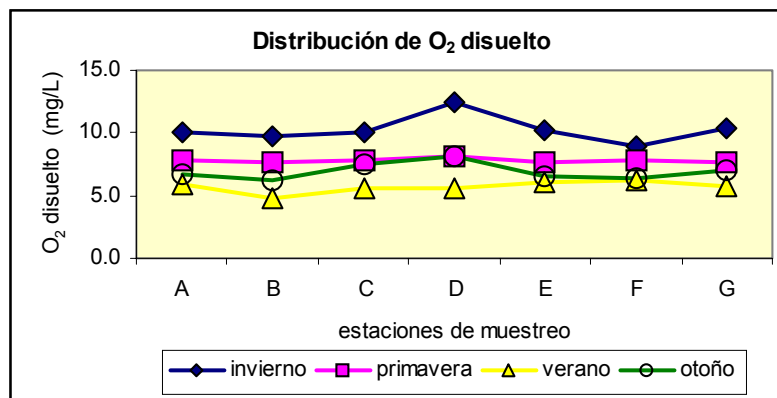


observó una distribución con valores mínimos en otoño-invierno, y máximos en primavera-verano. Las concentraciones correspondientes variaron entre 11 y 125 u.d.t. para el período de concentraciones mínimas, y entre 60 y 1710 u.d.t. para el de máximas.

Vale la pena acotar que los valores de turbidez pueden variar en función a diferentes factores, tanto *naturales* (por ejemplo, florecimiento fitoplanctónico, resuspensión de sedimentos por efecto de tormentas, mayores aportes continentales, etc) o *antrópicos* (por ejemplo, dragado y/o refulado, descarga de efluentes, alteración de la circulación de las aguas, etc).

1.6. OXÍGENO DISUELTO

La distribución de oxígeno disuelto que se observó durante el período analizado presentó sus concentraciones máximas durante el invierno y mínimas en el verano.



Las concentraciones correspondientes variaron entre los 4.8 y 6.2 mg/L en verano, y los 8.9 y 12.5 mg/L en invierno. Esta distribución está plenamente ligada al ciclo del fitoplancton en el estuario, del cual se debe destacar que tiene su pico máximo de florecimiento en invierno.

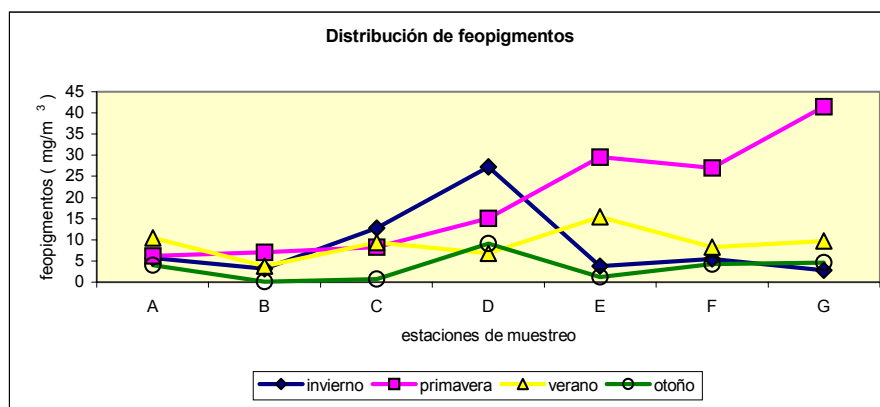
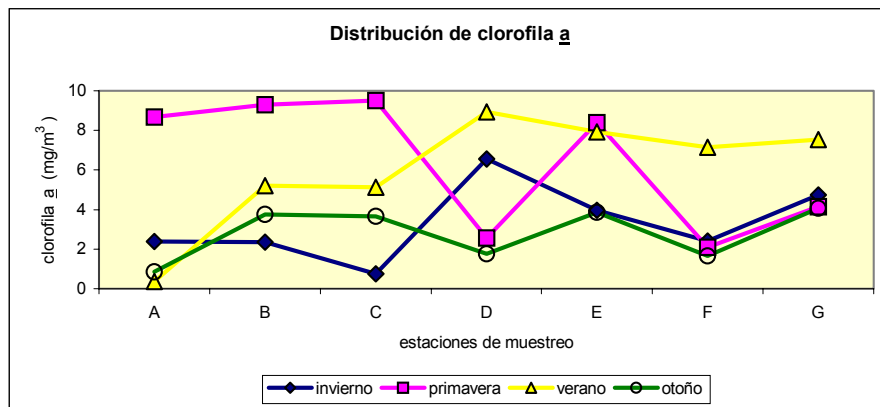
Finalmente es importante remarcar que las concentraciones de oxígeno disuelto registradas durante todo el año (aún las más pequeñas)

son totalmente aptas para el desarrollo de los procesos biológicos propios de este ambiente, y también en este caso los valores de O₂ disuelto obtenidos son consistentes con los oportunamente informados por Pucci *et al.* (1979 ; 1980), Freije *et al.* (1981) o IADO (1997).

1.7. DISTRIBUCION DE PIGMENTOS FOTOSINTETIZADORES

• CLOROFILA a Y FEOPIGMENTOS.

La distribución de clorofila a y de feopigmentos presentó una tendencia claramente definida, y homogénea para todas las estaciones de muestreo estudiadas, con valores máximos en la primavera y mínimos en otoño. Es importante destacar que estos pigmentos son indicadores de la producción biológica del sistema bajo estudio, y están íntimamente ligados a la concentración de fitoplancton del ambiente.



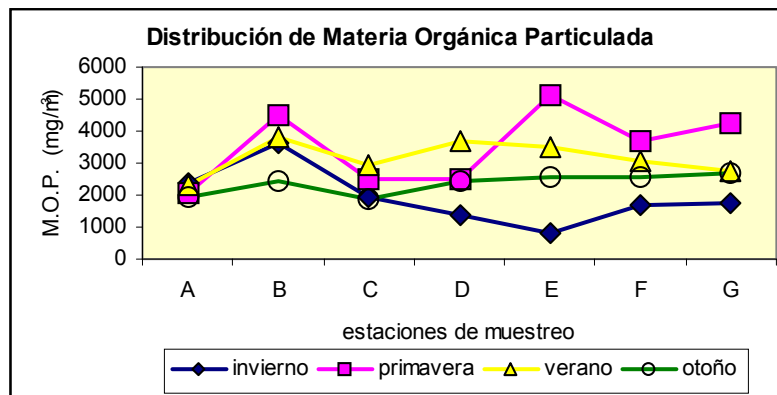
Los valores de clorofila a alcanzaron niveles máximos cercanos a los 9.52 mg/m³ en primavera, mientras que los más altos de feopigmentos fueron próximos a los 41.42 mg/m³ para el mismo período.

Por otro lado, en el período estival se observa un segundo pico de producción, aunque significativamente menor que el de primavera, con valores de clorofila a próximos a los 8.95 mg/m³, y de feopigmentos de 15.47 mg/m³, lo que indica que en ese período se produce un florecimiento secundario.

Tanto la distribución de clorofila a y de feopigmentos, como sus variaciones temporales coinciden con los informes previos existentes para la región (Pucci *et al.*, 1979 ; 1980 ; Freije *et al.*, 1981 ; IADO, 1997).

1.8. MATERIA ORGANICA PARTICULADA (M.O.P.)

Los datos de M.O.P. obtenidos durante el período analizado permitieron identificar una distribución con valores máximos en primavera y mínimos en invierno.



Los valores correspondientes variaron entre 842 y 3594 mg/m³ durante el invierno, y entre los 2053 y 5109 mg/m³ durante la primavera.

Tanto los niveles de M.O.P. determinados durante este período como su distribución coinciden con los datos históricos analizados (Pucci *et al.*, 1979 ; 1980 ; IADO, 1997).

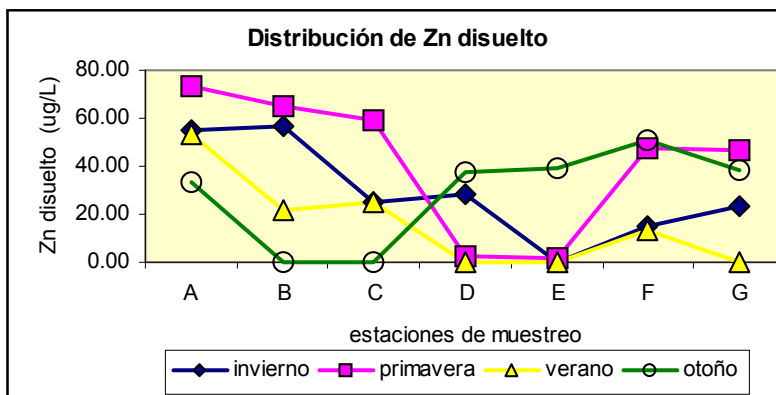
2. ANÁLISIS DE CONTAMINANTES

2.1. METALES PESADOS

- **ZINC**

El análisis de zinc demostró que este metal está presente en todo el sistema bajo estudio, aunque con distribuciones diferentes para cada una de las fases evaluadas.

En el caso del zinc disuelto en agua de mar, su distribución fue heterogénea y altamente variable, situación lógica si se tiene en cuenta la alta movilidad de la fase que la incluye.

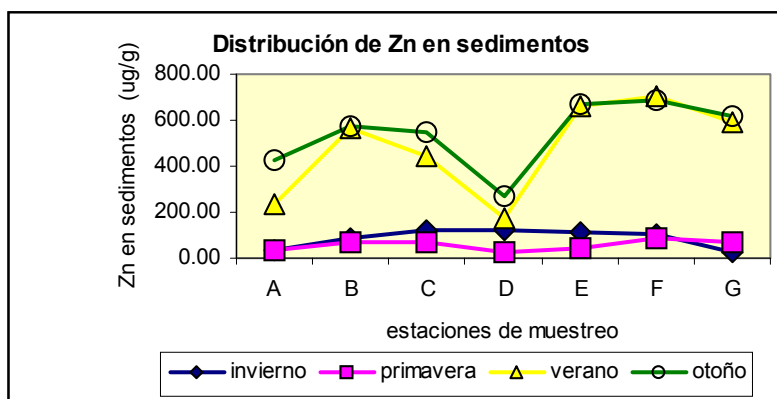


Los valores determinados en este período llegaron a niveles próximos a los 80 $\mu\text{g/L}$, niveles superiores a lo informado previamente por otros autores para la misma región (Pucci, 1988 ; Villa & Pucci, 1987). La importancia de estos valores de *metales disueltos en agua de mar* es que indican una entrada reciente en el sistema, dado que son formas de corta vida media.

Las concentraciones de zinc disuelto determinadas durante este período fueron mayores en las estaciones del Canal Principal que en las próximas al núcleo industrial ; de confirmarse esta tendencia, sería importante verificar si se debe a su origen ("fuentes") o a un problema de re-distribución.

Por otro lado, la distribución de metales en sedimentos presentó una clara variación temporal, que correlacionó muy bien con la previamente

descripta distribución de Zn disuelto. Así, mientras durante el invierno y primavera de 1999 las concentraciones de zinc en sedimentos estuvieron próximas a los 100 $\mu\text{g/g}$, significativamente superiores a los previamente informados por otros autores para la misma zona (Villa, 1988 ; Pucci, 1988), pero similares a lo informado en la primera etapa de este trabajo



(IADO, 1997), en el verano 1999/2000 y en el otoño 2000 esas concentraciones aumentaron en forma altamente significativa, hasta alcanzar niveles próximos a los 700 $\mu\text{g/g}$. Esto permite sostener que se está incrementando la acumulación de zinc en la ría de Bahía Blanca por acción de aportes antropogénicos aún no identificados.

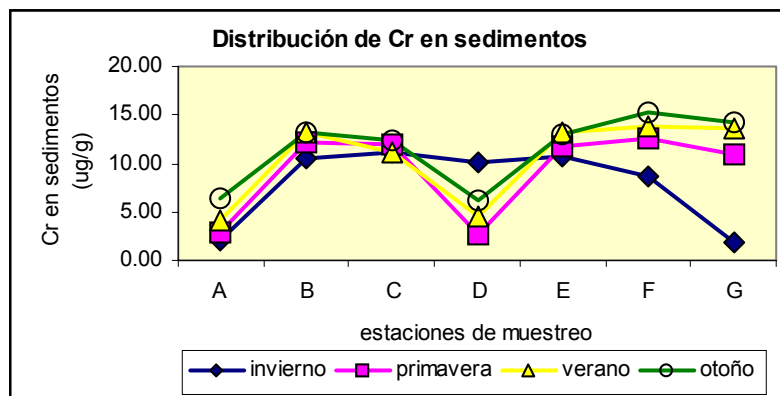
• CROMO

En el caso del cromo ambas fases estudiadas (en sedimentos superficiales y disuelto en agua de mar) presentaron tendencias distintas en su distribución.

En el caso del cromo disuelto estuvo por debajo de los límites de detección del método analítico empleado. Este resultado permite sostener que no hay una entrada permanente y constante de cromo al sistema.

Por su parte, el estudio de la distribución de cromo en los sedimentos superficiales de la ría de Bahía Blanca presentó una distribución cuasi homogénea, con concentraciones similares tanto en las estaciones interiores como en las del Canal Principal. En ese sentido, se

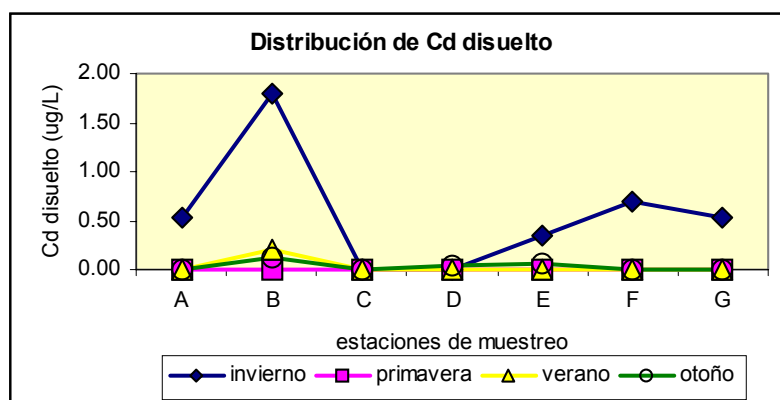
hallaron concentraciones de cromo superiores a los $15 \mu\text{g/g}$, indicando que hay un efecto de acumulación del mencionado metal



en los sedimentos. Estos valores son superiores a los informados previamente por otros autores (Pucci, 1988), y similares a los de la primera parte de este estudio (IADO, 1997).

• CADMIO

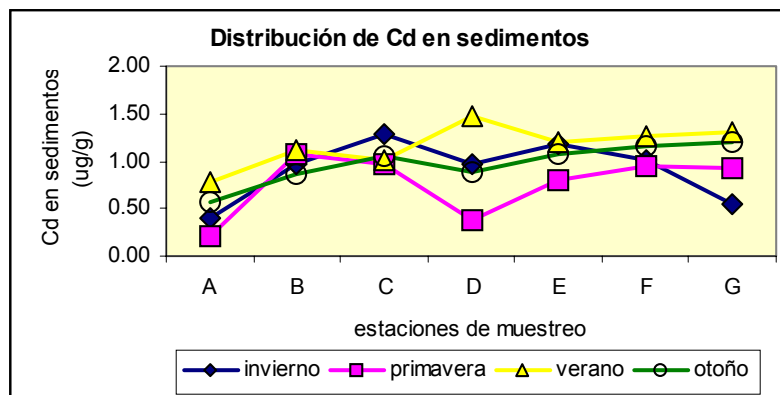
La distribución de cadmio que se encontró en el presente estudio coincide con la descrita en párrafos precedentes para el zinc. En el caso del cadmio disuelto en agua de mar se halló una distribución heterogénea y variable, que marcó además la presencia de este metal en varias de las



estaciones de muestreo estudiadas. Las concentraciones máximas de Cd disuelto estuvieron próximas a los $1,8 \mu\text{g/L}$, similares a los oportunamente reportados por Pucci (1988) y por Villa (1988). Estos resultados nos están marcando que hay un ingreso de cadmio

antropogénico a la ría de Bahía Blanca, aunque la irregularidad de la distribución indica que hace falta evaluar tanto sus fuentes como sus mecanismos de redistribución.

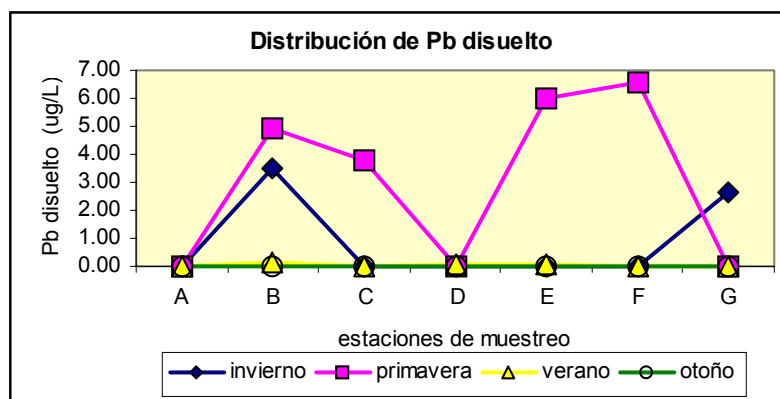
En cambio, el cadmio asociado a sedimentos superficiales mostró una distribución muy clara y característica, con los menores valores en las estaciones exteriores y los mayores en las estaciones del interior, en las



que se alcanzan concentraciones cercanas a los 1.5 µg/g. Estos resultados muestran que se está acumulando cadmio en los sedimentos del área bajo estudio. Por otra parte, los niveles determinados son superiores a los previamente informados para el área (Pucci *et al.*, 1979 ; 1980).

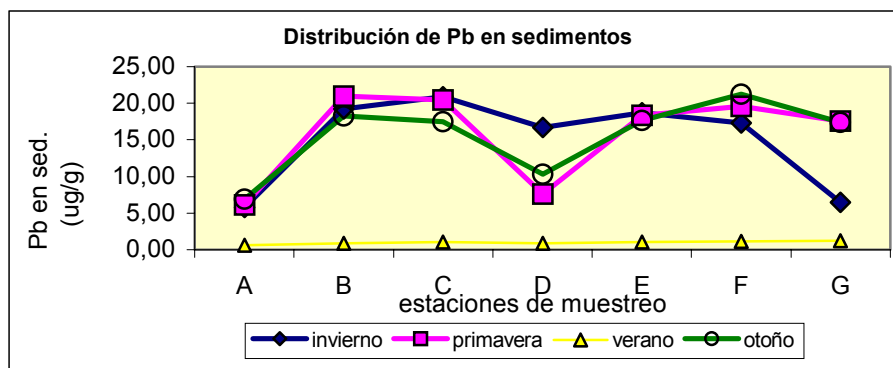
● PLOMO.

El estudio de distribución de Pb en la ría de Bahía Blanca mostró resultados particulares. Así, en el caso del plomo disuelto en agua de mar, se encontró una distribución cuasi homogénea en toda el área bajo



estudio, con variaciones estacionales significativas propias de la alta labilidad de esta fase. Las mayores concentraciones se hallaron en la primavera, con valores que oscilaron entre los inferiores al límite de detección del método y los 6.55 $\mu\text{g/L}$. Por su parte en verano y en otoño las concentraciones determinadas estuvieron -en su mayoría- por debajo del límite de detección del método analítico empleado.

Al estudiar la distribución de plomo en los sedimentos superficiales de la región se encontró la típica tendencia previamente descrita para los otros metales : las menores concentraciones en las estaciones externas, mientras que las máximas se localizaban en las estaciones interiores, donde se alcanzaron valores de hasta 21 $\mu\text{g/g}$.

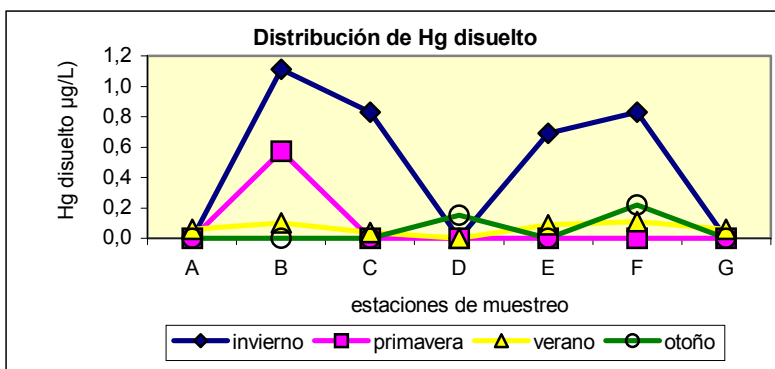


Estas concentraciones son significativamente superiores a las previamente informadas por Pucci (1988) para sedimentos de la misma área y similares a las de la primera parte de este estudio (IADO, 1997), lo que permite sostener que se está produciendo una acumulación de plomo en el sistema.

• MERCURIO

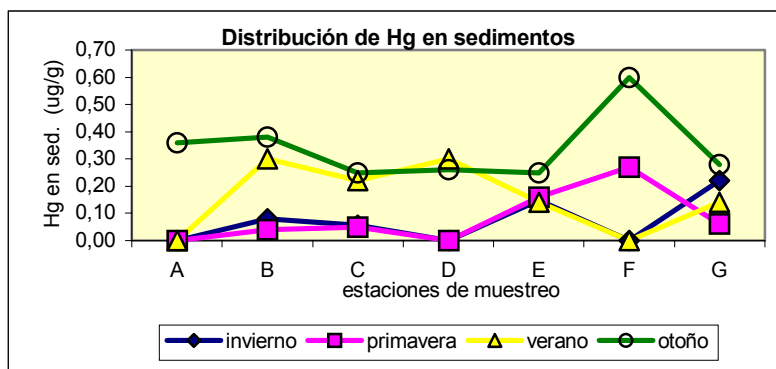
La distribución de mercurio total disuelto en agua de mar mostró -para muchas de las estaciones de muestreo- concentraciones por debajo del límite de detección del método analítico empleado, o con niveles que no

superaron los $0.20 \mu\text{g/L}$, lo que permite sostener que no hay una entrada permanente y constante de mercurio al sistema, o que -en caso de existir-



es muy pequeña. Sin embargo, durante el período estudiado se registraron entradas anormales de mercurio disuelto en las estaciones B, C, E y F, tanto en el invierno (con valores próximos a los $1.11 \mu\text{g/L}$) como en la primavera (con valores cercanos a los $0.60 \mu\text{g/L}$).

Por su parte, la distribución de mercurio total en los sedimentos superficiales del sistema mostró una tendencia marcada, con los valores mínimos en las estaciones exteriores y los máximos en las estaciones



interiores, que alcanzaron niveles de hasta $0.60 \mu\text{g/g}$. La distribución de mercurio observada en los sedimentos del área estudiada de Bahía Blanca está presumiblemente ligada a la previamente descrita para mercurio disuelto, y condicionada por los niveles anormalmente altos de la misma.

Estos contenidos de mercurio total son significativamente inferiores a los previamente informados por Marcovecchio *et al.* (1986) y levemente superiores a los de la primera parte de este estudio (IADO, 1997).

2.2. HIDROCARBUROS TOTALES

La distribución de hidrocarburos totales disueltos en agua de mar muestra valores muy bajos, que en general estuvieron por debajo del límite de detección del método analítico empleado. Esto permite sostener que no existe una entrada constante de hidrocarburos al sistema. Estos valores fueron inferiores a los oportunamente informados por Villa (1992) o los de la primera parte de este estudio (IADO, 1997) para la misma región.

Por su parte, en los sedimentos superficiales también se registraron concentraciones bajas de hidrocarburos totales, usualmente por debajo del límite de detección del método analítico empleado ; de hecho, sólo se registraron valores ligeramente superiores en la campaña de otoño de 2000, y los valores de hidrocarburos totales más altos no superaron los 0.11 mg/g en sedimentos. Los resultados obtenidos son menores que los que previamente informó Villa (1992) así como que los de la primera parte de este estudio (IADO, 1997) para sedimentos de la zona.

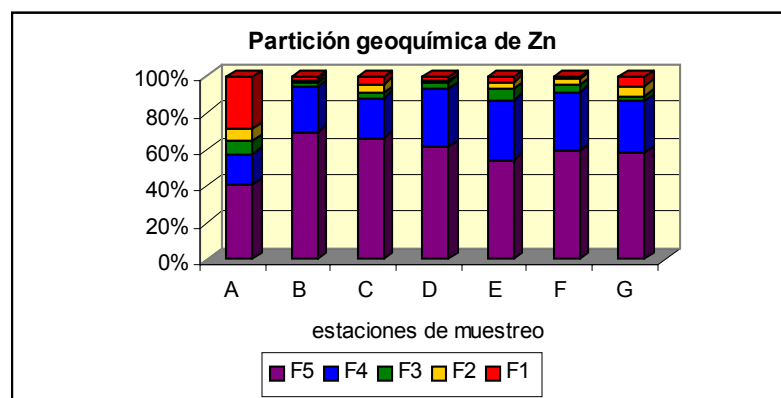
2.3. ESTUDIO DE LA DISTRIBUCIÓN GEOQUÍMICA DE METALES PESADOS EN LOS SEDIMENTOS DE BAHÍA BLANCA

Este tipo de estudio brinda información adecuada sobre como se distribuyen los metales en las fracciones minerales más importantes de los sedimentos. El método empleado brinda información sobre el porcentaje de metal unido a :

1. **F₁** : *fracción de metales adsorbidos intercambiables*
2. **F₂** : *complejos oxidables de metales*
3. **F₃** : *metales unidos a carbonatos*
4. **F₄** : *compuestos reducibles de metales*
5. **F₅** : *fracción residual de metales*

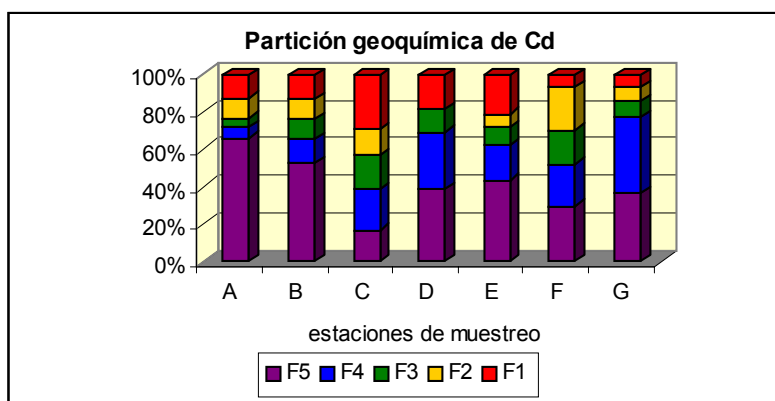
Es importante destacar que las fracciones **F₃**, **F₄** y **F₅** son denominadas *fracciones no móviles*, ya que por sus características químicas no tienen posibilidad de participar en reacciones biológicas, y -por lo tanto- no pueden ser incorporadas por los organismos. En cambio las fracciones **F₁** y **F₂** son las *fracciones móviles*, y pueden ser incorporadas por los organismos, constituyendo lo que se denomina la *fracción potencialmente biodisponible*.

El análisis de fraccionamiento geoquímico realizado durante el período que se informa mostró comportamiento diferentes para cada uno de los metales estudiados, a pesar de lo cual fue posible identificar algunas tendencias básicas en el correspondiente modelo de distribución. Así por ejemplo, en el caso del **zinc** se observó la presencia del metal en

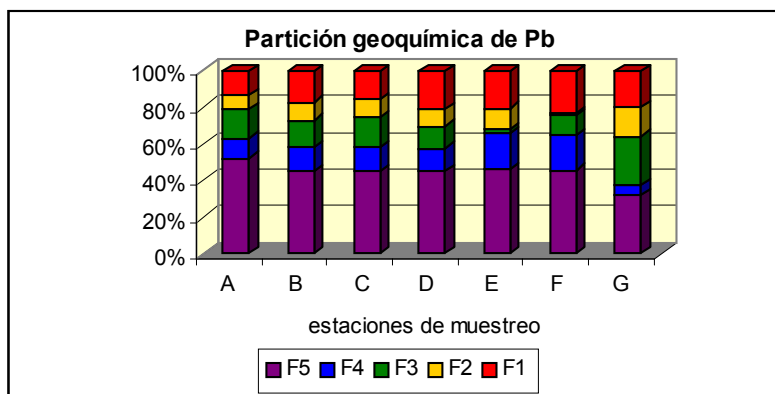


las cinco fracciones cuantificadas en casi todas las estaciones de muestreo estudiadas. Por otro lado, mientras la Estación A (Boya 24) incluye un alto porcentaje de las fracciones móviles (F_1 y F_2), las estaciones interiores parecen tener el mayor porcentaje en la fracción residual (F_5) y en las fracciones no móviles (F_3 y F_4), con valores muy pequeños en las fracciones móviles (F_1 y F_2).

En el caso del **cadmio** la distribución observada fue significativamente diferente. La estación A (Boya 24) mostró el mayor porcentaje asociado a las fracciones no móviles (F_3 , F_4 y F_5) y sólo un pequeño porcentaje en las móviles (F_1 y F_2). Esta tendencia se fue modificando hacia el interior de la ría, con concentraciones decrecientes de las fracciones no móviles y crecientes de las móviles, alcanzando los mínimos valores de las F_3 , F_4 y F_5 -y consecuentemente las máximas de las F_1 y F_2 - en la estación Maldonado (C)

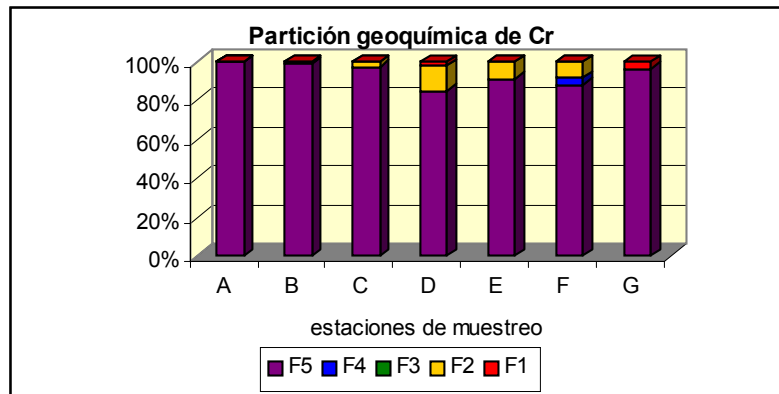


Por su parte, el **plomo** mostró una distribución similar a lo largo de toda la zona estudiada del estuario, con porcentajes prácticamente iguales en todas las estaciones para cada una de las fracciones analizadas, y



alcanzando aproximadamente del 20 al 40% del metal en las fracciones móviles (**F₁** y **F₂**).

En cambio, el **chromo** presentó -en todas las estaciones de muestreo evaluadas- un porcentaje muy grande de su concentración en la fracción residual (**F₅**), a veces próximo al 100%, con lo cual se puede sostener que



está inmovilizado. Sin embargo en las estaciones (D, E, F y G) se registraron pequeños porcentajes (nunca mayores que el 20%) ligados a las **F₁**, **F₂** y en menor medida **F₄**.

Estos resultados son muy importantes, teniendo en cuenta que no hay antecedentes históricos para la región. La imagen que deja este trabajo muestra que mientras que alguno de los metales estudiados está geoquímicamente inmovilizado en su casi totalidad (*por ejemplo, el cromo*), otros (*por ejemplo, zinc, cadmio o plomo*) tienen porcentajes variables -que oscilaron entre el 15 y el 60%- en las fases móviles, lo que posibilita su eventual incorporación a los organismos de la región.

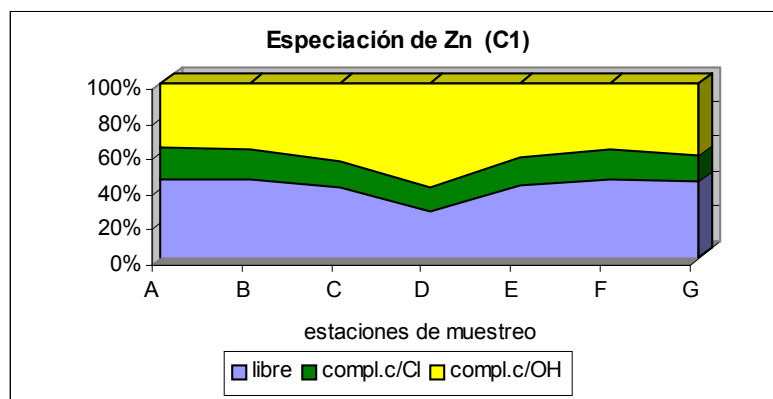
2.4. ESTUDIO DE LA ESPECIACIÓN DE LOS METALES PESADOS EVALUADOS

El estudio de la *especiación* ("forma química en la que están presentes los metales en el sistema estudiado") es el complemento ideal de la evaluación de partición geoquímica (sintetizada en el *ítem* anterior) para predecir el porcentaje potencial de metal que puede ser incorporado por los organismos del ambiente bajo análisis.

Los principales resultados de este análisis en el período que se informa son los siguientes:

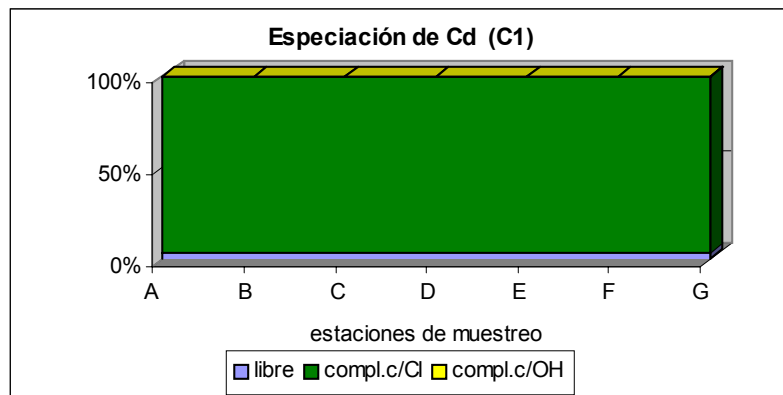
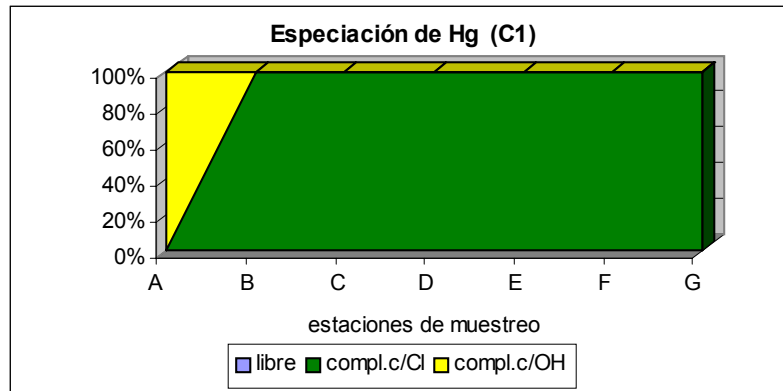
a. **Invierno**

En los gráficos incluidos en este *ítem* se puede observar las especies químicas determinadas para los metales estudiados en este período, en los



que se puede ver dos tendencias de distribución diferentes ; en el caso del zinc se cuantificaron porcentajes similares (que oscilaron entre 25 y 50%) de metal libre y de metal complejado con OH^- , mientras que el resto (aproximadamente 20%) se encontró complejado con Cl^- .

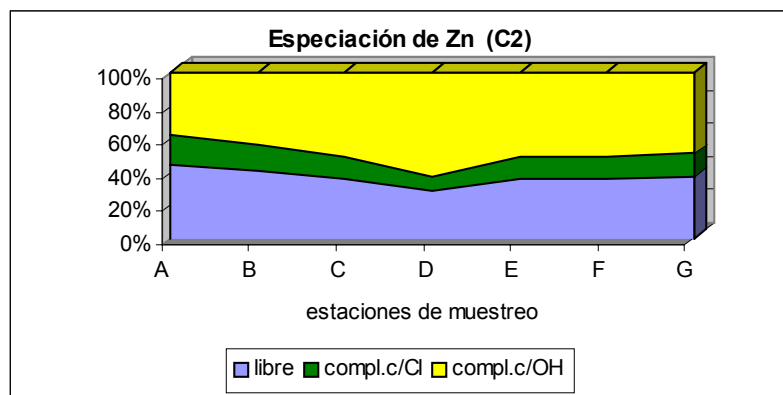
En cambio, en los casos de mercurio y de cadmio, el estudio de especiación mostró que la mayor parte del metal presente (más del 95%) se



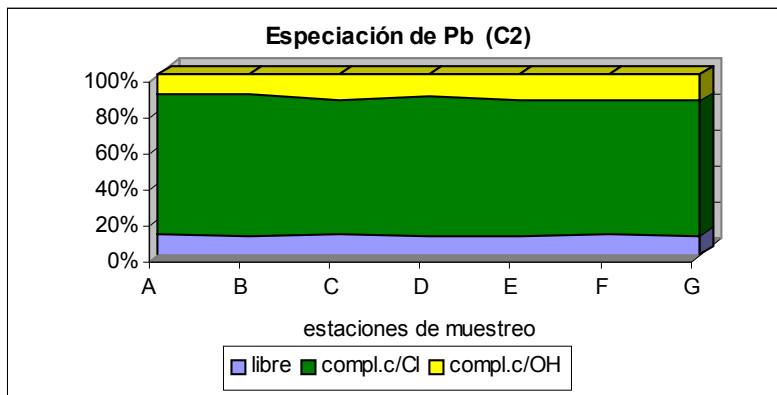
encontró complejoado con cloruros, y sólo una pequeña parte complejoado con OH⁻, mientras que no se registró la presencia de metal libre.

b. Primavera

Los datos de especiación obtenidos en la segunda campaña de investigación permitieron reconocer lo siguiente: en el caso del zinc se repitió la tendencia observada en la campaña anterior, con porcentajes



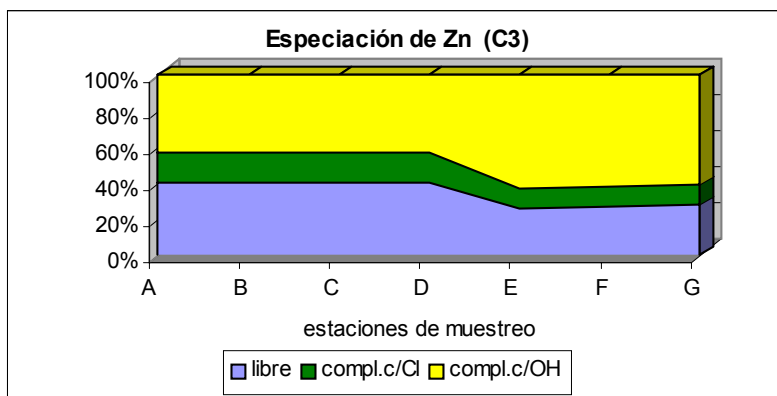
mayoritarios y similares de metal libre y complejo con OH^- , y menores de metal complejo con Cl^- , a pesar que los porcentajes se modificaron ligeramente.



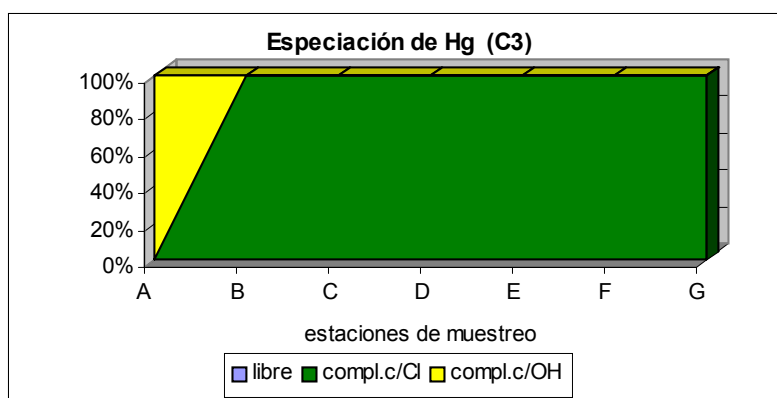
Por otro lado, la especiación de plomo mostró una tendencia similar a la observada en la primera campaña para Hg y Cd, aunque con porcentajes ligeramente diferentes, incluyendo un pequeño porcentual (próximo al 10%) de metal libre.

c. Verano

Los datos de especiación de metales obtenidos en la campaña de



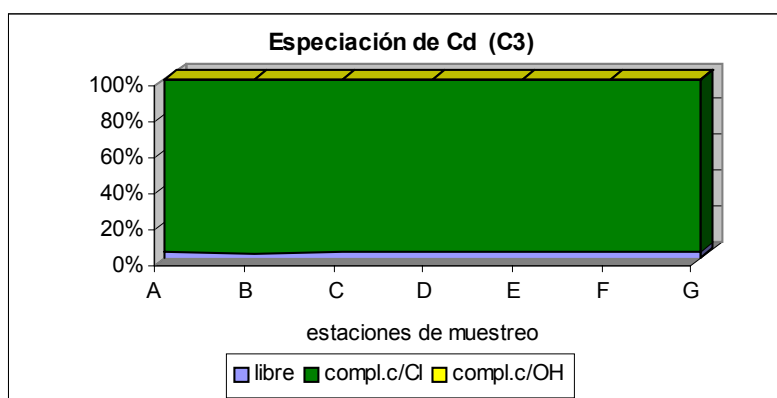
verano mostraron la siguiente información: se produjo un cambio en la distribución de especies químicas de zinc respecto de las dos campañas anteriores, dado que hubo un aumento significativo en el porcentaje de metal ligado a complejos de OH⁻ en las estaciones de muestreo próximas al



polo industrial, a expensas de un decremento en los correspondientes porcentajes de metal libre.

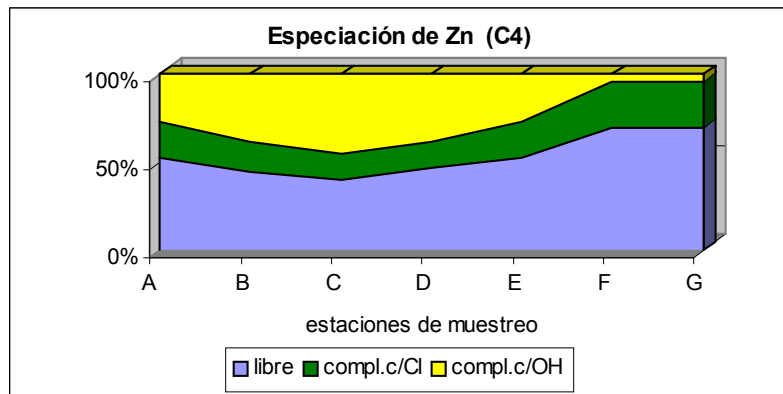
En cambio, tanto la distribución de especies químicas de mercurio como de cadmio volvieron a presentar la misma tendencia observada en las dos campañas anteriores.

d. Otoño



Los resultados de la especiación de metales en la campaña de otoño del 2000 fueron los siguientes: en el caso del zinc la tendencia volvió a ser

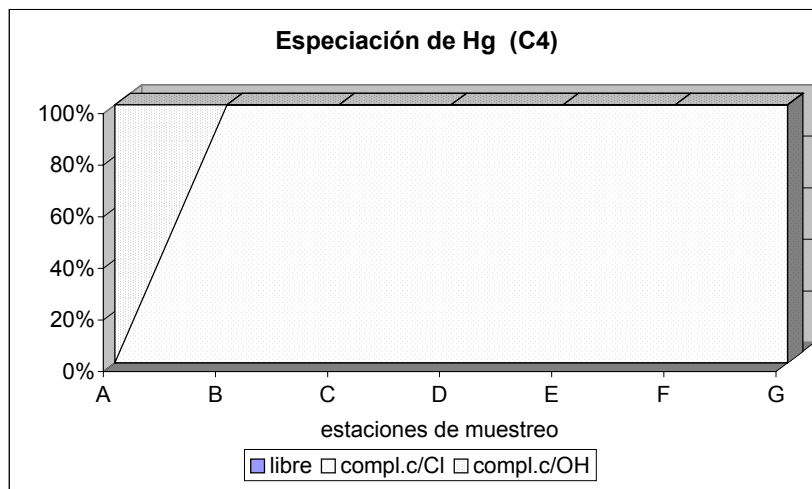
similar que en las dos campañas iniciales, a pesar de haberse registrado un aumento significativo en el porcentaje de metal libre en las estaciones de muestreo próximas al polo industrial, con una drástica disminución en



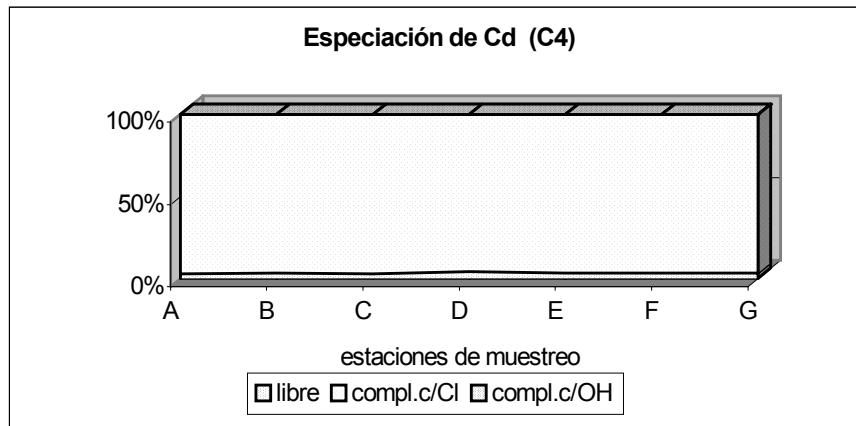
el porcentaje de Zn-complejos OH^- .

Por su parte, tanto mercurio como cadmio confirmaron las tendencias registradas en las campañas previas en cuanto a la distribución de sus correspondientes especies químicas.

La evaluación de estas formas químicas resulta importante como elemento de estimación de la calidad ambiental y de la potencialidad toxicológica, teniendo en cuenta que no todas las especies químicas pueden ser incorporadas por los organismos. En este sentido, y teniendo



en cuenta algunas características propias de los compuestos estudiados



(arquitectura de las moléculas, reactividad de los compuestos, etc) se puede sostener que la posibilidad de ser incorporados desde el sistema marino abiótico hacia los sistemas biológicos aumenta en el siguiente orden :

metal libre > complejos de Cl⁻ > complejos de OH⁻

d. ANÁLISIS DE METALES PESADOS EN TEJIDOS DE PECES DE LA BAHÍA BLANCA

Se analizaron ejemplares de varias especies de peces, representativas del estuario de Bahía Blanca, y -además- usualmente utilizadas para consumo humano. Los resultados obtenidos en este período se presentan en la Tabla adjunta.

En este sentido, hay algunos puntos que deben ser destacados :

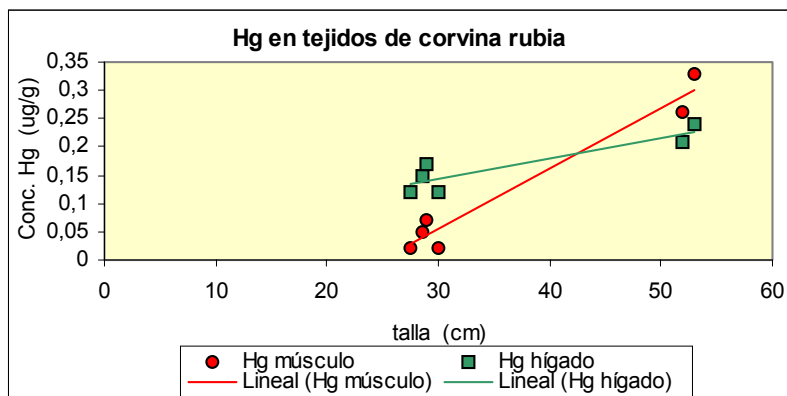
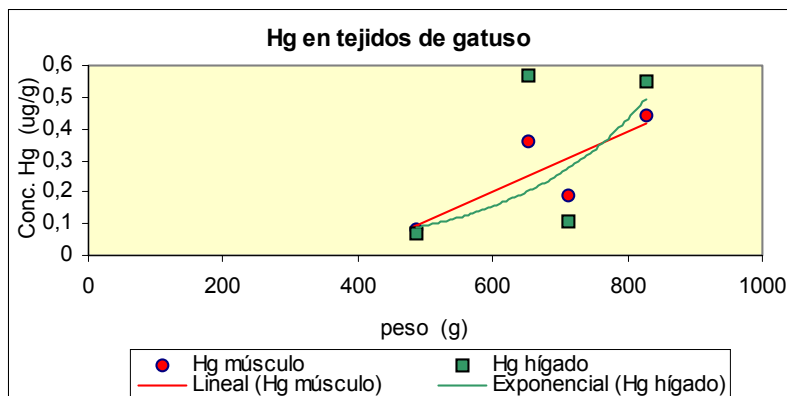
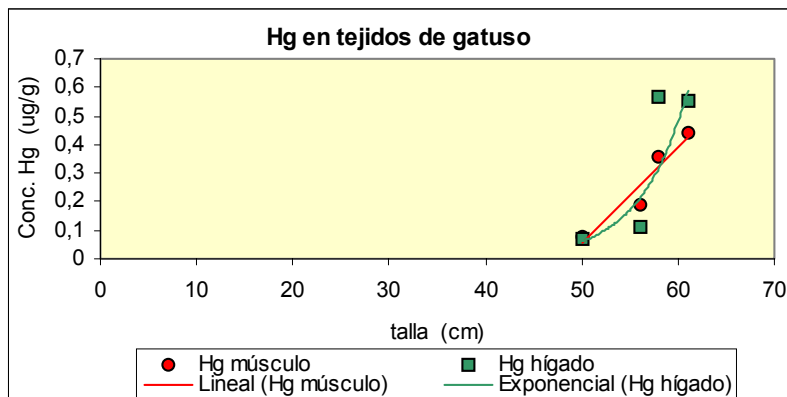
- A pesar de las bajas concentraciones de mercurio que se registraron en el agua y sedimentos de la ría, todas las especies de peces analizadas presentaron contenidos detectables de este metal en sus tejidos.
- Las concentraciones de mercurio en músculo fue generalmente similar a la del hígado de los peces estudiados.
- Sólo algunas de las especies estudiadas (gatuso, palometa, pescadilla) mostraron contenidos detectables de Cd, que en general fueron bajos en músculo e intermedios a altos en hígado.
- Ninguna de las especies analizadas presentó concentraciones detectables de plomo ni de cromo en sus tejidos.
- Se detectó zinc en todas las especies evaluadas, y los datos correspondientes indican que se está produciendo una acumulación biológica de este metal en los peces del sistema. Teniendo en cuenta que este es un metal esencial (*forma parte de la economía bioquímica normal de los organismos*), habrá que evaluar la evolución del mencionado proceso de bioacumulación para certificar sus consecuencias sobre el sistema.

| Especie | Sexo | Talla | Peso | Mercurio | | Zinc | | Cadmio | | Plomo | | Cromo | |
|------------|------|-------|--------|----------|------|-------|-------|--------|-------|-------|------|-------|------|
| | | | | Músc. | Híg. | Músc | Híg. | Músc | Híg. | Músc | Híg. | Músc | Híg. |
| | | (cm) | (g) | | | | | | | | | | |
| Gatuso | M | 58 | 651.4 | 0.36 | 0.57 | 20.49 | 16.03 | ND | 5.58 | ND | ND | ND | ND |
| Gatuso | M | 50 | 487.2 | 0.08 | 0.07 | 15.32 | 11.88 | ND | 1.29 | ND | ND | ND | ND |
| Gatuso | M | 61 | 827.5 | 0.44 | 0.55 | 20.29 | 11.08 | ND | 3.20 | ND | ND | ND | ND |
| Gatuso | M | 56 | 712.2 | 0.19 | 0.11 | 4.99 | 15.24 | 0.07 | 3.46 | ND | ND | ND | ND |
| Corvina | H | 52 | 1602.5 | 0.26 | 0.21 | 20.91 | 34.22 | ND | 6.89 | ND | ND | ND | ND |
| Corvina | M | 53 | 1375.8 | 0.33 | 0.24 | 13.47 | 52.52 | ND | 10.88 | ND | ND | ND | ND |
| Corvina | H | 30 | 300 | 0.02 | 0.12 | 5.73 | 35.37 | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Corvina | H | 27.5 | 270 | 0.02 | 0.12 | 6.06 | 34.33 | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Corvina | M | 28.5 | 286 | 0.05 | 0.15 | 5.13 | 35.46 | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Corvina | H | 29 | 293 | 0.07 | 0.17 | 7.65 | 40.08 | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Palometa | M | 48 | 1135.1 | 0.15 | 0.17 | 18.62 | 69.59 | ND | 9.93 | ND | ND | ND | ND |
| Palometa | M | 49 | 1065.7 | 0.12 | 0.19 | 11.03 | 41.76 | 0.07 | 11.85 | ND | ND | ND | ND |
| Pescadilla | M | 44 | 715.1 | 0.15 | 0.10 | 17.21 | 65.11 | 0.07 | 2.52 | ND | ND | ND | ND |
| Pescadilla | M | 46 | 843.9 | 0.18 | 0.21 | 27.12 | 51.34 | 0.19 | 1.51 | ND | ND | ND | 0.45 |
| Pescadilla | M | 47 | 810.5 | 0.29 | 0.34 | 11.65 | 49.30 | 0.08 | 4.01 | ND | ND | ND | ND |
| Pescadilla | M | 45 | 695.3 | 0.21 | 0.25 | 14.98 | 59.55 | 0.05 | 2.40 | ND | ND | ND | ND |
| Pescadilla | H | 46 | 625.8 | 0.40 | 0.29 | 21.49 | 46.87 | ND | 2.58 | ND | ND | ND | ND |

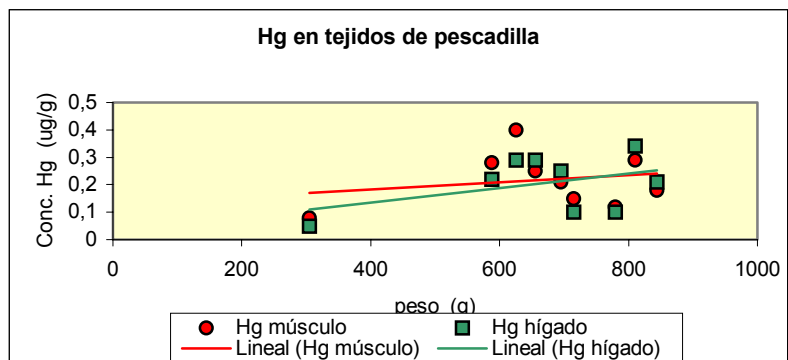
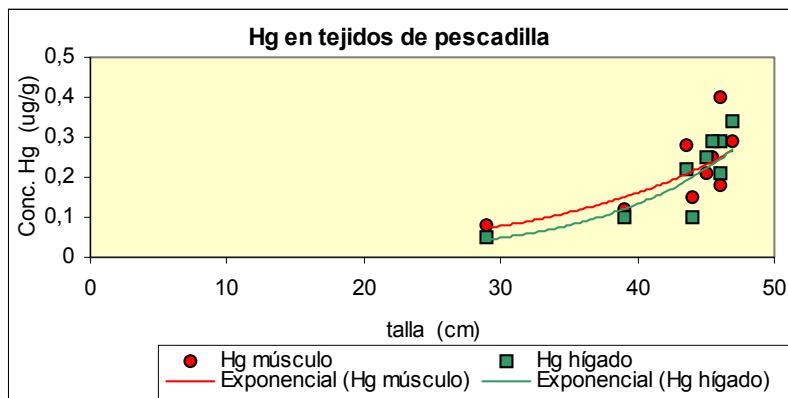
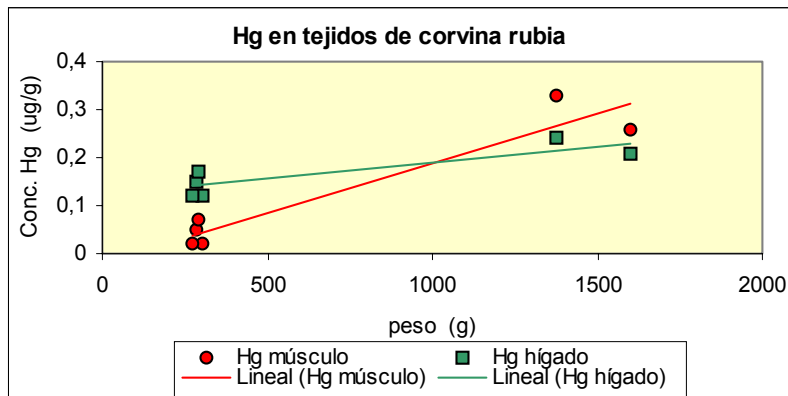
| Especie | Sexo | Talla | Peso | Mercurio | | Zinc | | Cadmio | | Plomo | | Cromo | |
|------------|------|-------|--------|----------|------|-------|-------|--------|------|-------|------|-------|------|
| | | | | Músc. | Híg. | Músc | Híg. | Músc | Híg. | Músc | Híg. | Músc | Híg. |
| Pescadilla | M | 39 | 780 | 0.12 | 0.10 | 10.03 | 41.85 | 0.04 | 1.86 | ND | ND | ND | ND |
| Pescadilla | M | 29 | 305 | 0.08 | 0.05 | 12.28 | 44.46 | ND | 1.54 | ND | ND | ND | ND |
| Pescadilla | H | 45.5 | 655 | 0.25 | 0.29 | 26.51 | 50.50 | 0.12 | 4.53 | ND | ND | ND | ND |
| Pescadilla | M | 43.5 | 588 | 0.28 | 0.22 | 39.97 | 60.14 | 0.09 | 4.89 | ND | ND | ND | ND |
| Raya | M | 34.5 | 1343.1 | 0.16 | 0.05 | 18.05 | 12.00 | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Raya | H | 33 | 1474.1 | 0.14 | 0.09 | 22.44 | 16.66 | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Lenguado | M | 31.5 | 350 | 0.02 | ND | 13.59 | 50.31 | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Lenguado | M | 28 | 680 | 0.05 | ND | 13.77 | 62.51 | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Pejerrey | M | 25.5 | 120 | 0.14 | 0.19 | 14.60 | 35.38 | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Pejerrey | H | 26.5 | 156 | 0.13 | ND | 8.69 | 34.91 | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Pejerrey | M | 26 | 157 | 0.18 | ND | 13.92 | 32.72 | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Pejerrey | H | 25.3 | 142 | 0.14 | 0.05 | 13.33 | 37.19 | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Pejerrey | H | 26.5 | 150 | 0.19 | 0.08 | 8.66 | 18.50 | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Pejerrey | H | 24.5 | 135 | 0.16 | 0.06 | 12.84 | 38.22 | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Pejerrey | M | 26.5 | 142 | 0.14 | 0.23 | 10.53 | 44.53 | ND | ND | ND | ND | ND | ND |

a. **Mercurio en peces.**

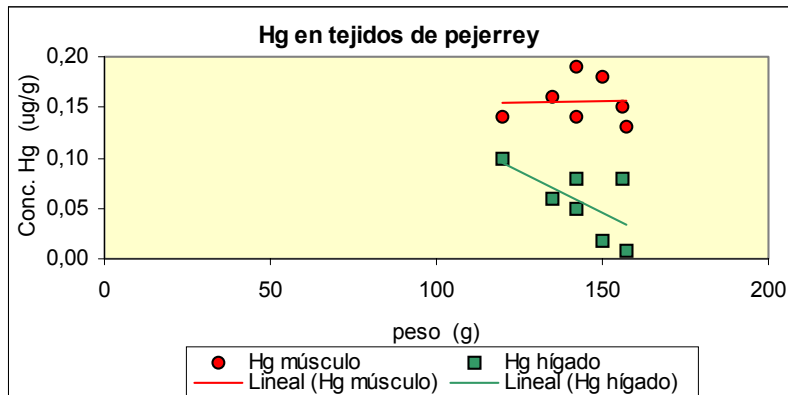
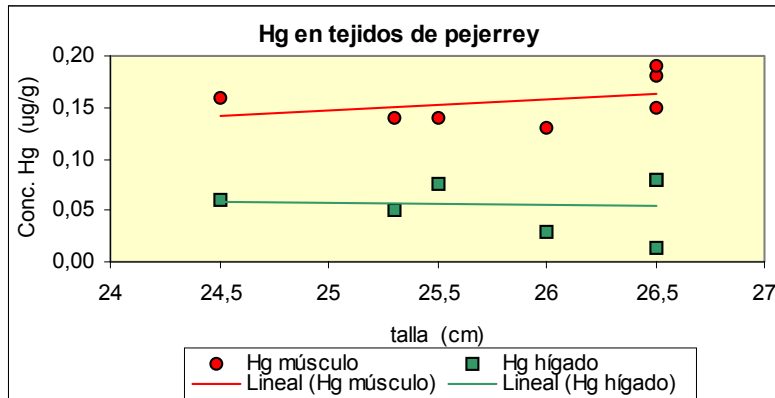
Los datos obtenidos durante este año de estudio permiten sostener que, aún cuando las concentraciones de mercurio en agua y en sedimentos de la zona evaluada son muy bajas (y en muchos casos inferiores al límite de detección del método analítico empleado), la mayoría de las especies de peces analizada presentaron concentraciones



detectables en sus tejidos.



Los gráficos muestran que –a pesar de seguir dinámicas de acumulación diferentes- este metal está presente en todas las especies estudiadas.

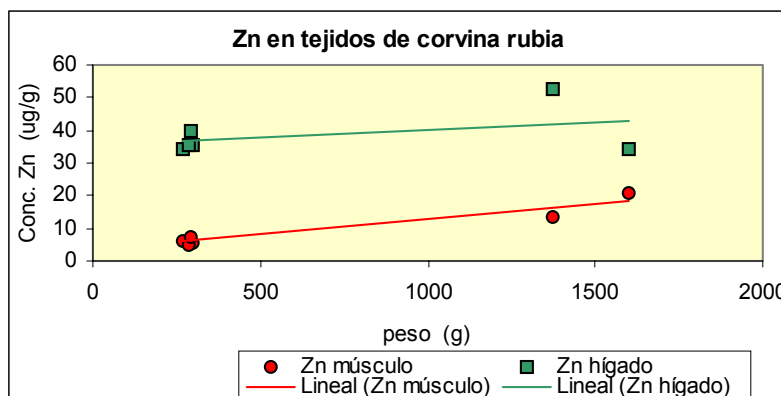
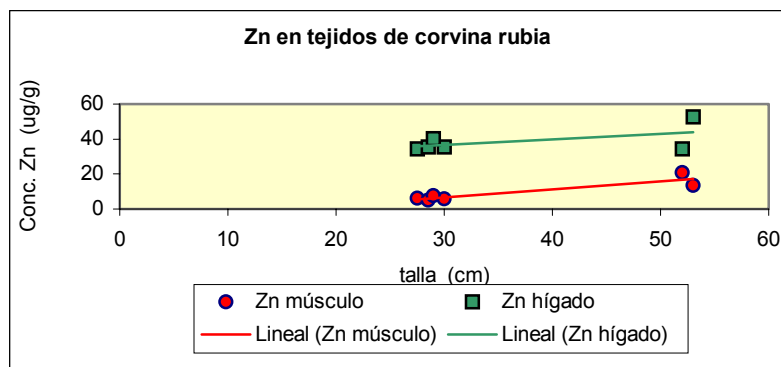
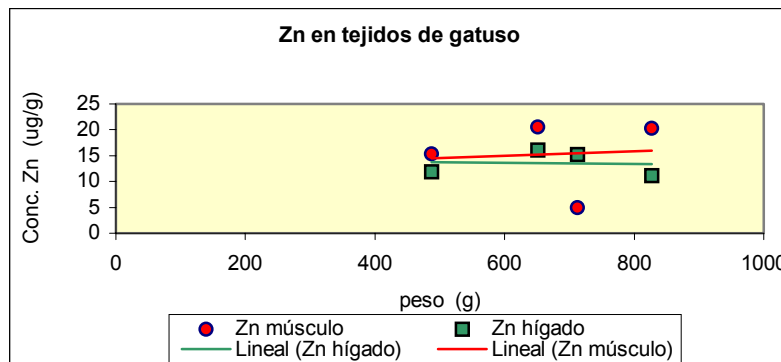
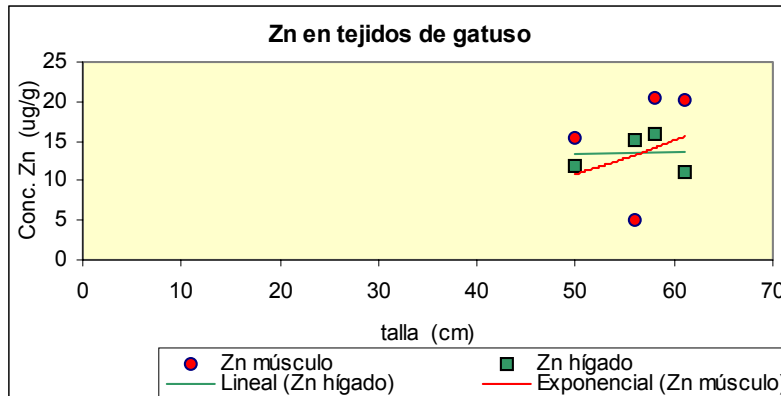


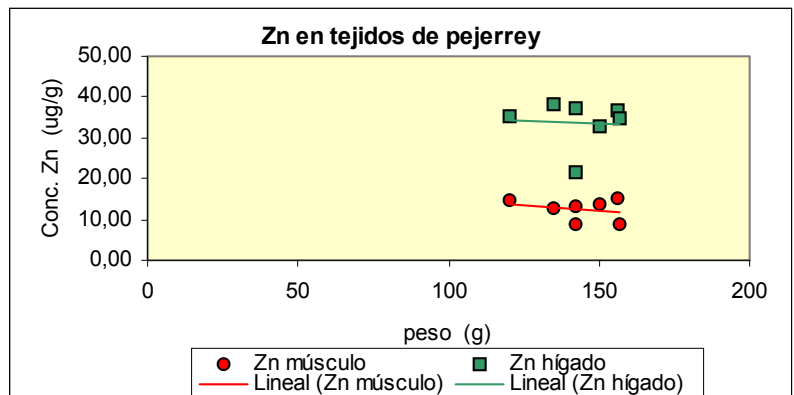
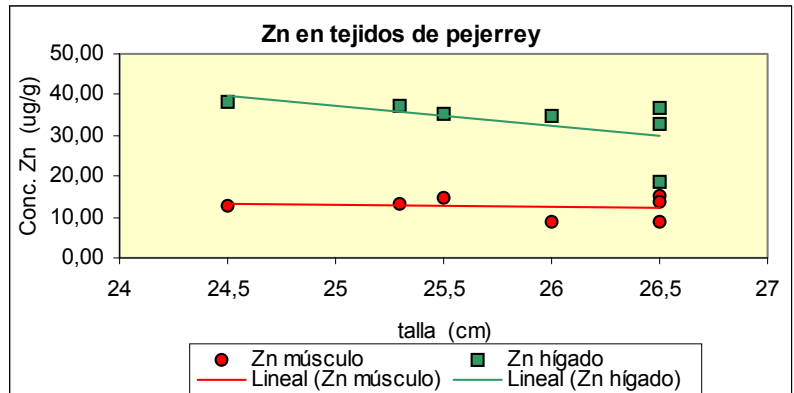
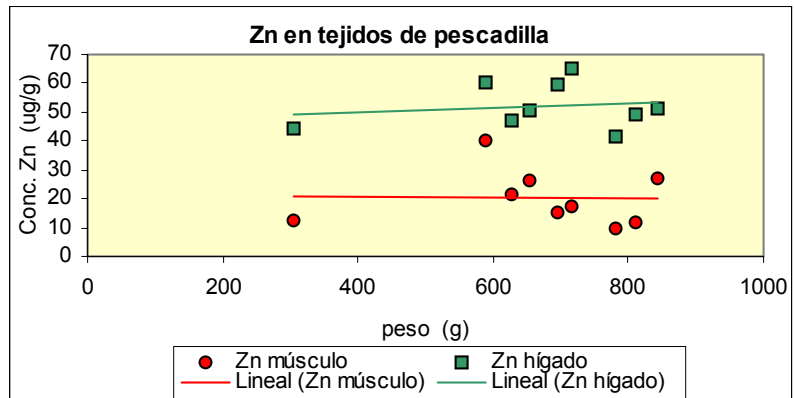
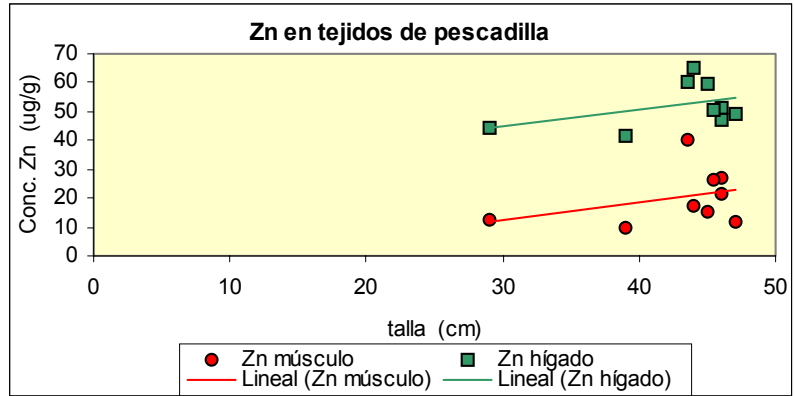
Las tendencias identificadas en la distribución de mercurio en músculo e hígado de las especies de peces estudiadas coinciden con las informadas previamente para la región, aunque los valores de este estudio son significativamente inferiores a los entonces informados (Marcovecchio *et al.*, 1986 ; 1988.a ; 1988.b).

b. Zinc

El análisis de zinc en los tejidos de los peces de Bahía Blanca mostró la presencia de este metal en todos los casos. Las tendencias identificadas

fueron diferentes para cada tejido y cada especie ; sin embargo en la mayoría de los casos se verificó la existencia de una acumulación biológica de zinc, proceso que merece ser estudiado en detalle, considerando que este es un metal esencial, pero que puede ser tóxico cuando sus concentraciones se hacen muy altas.

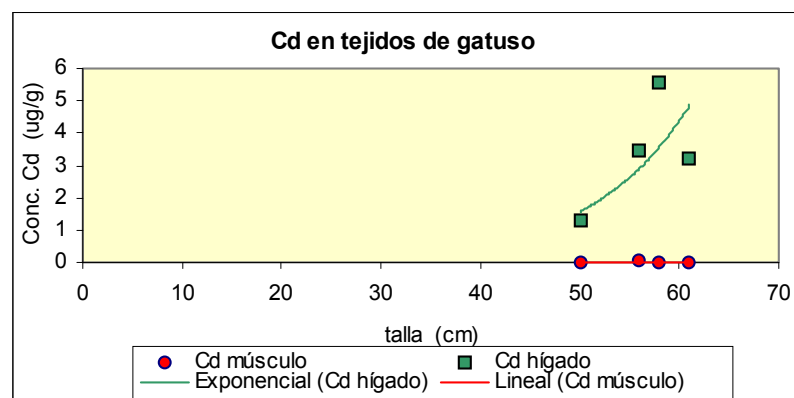
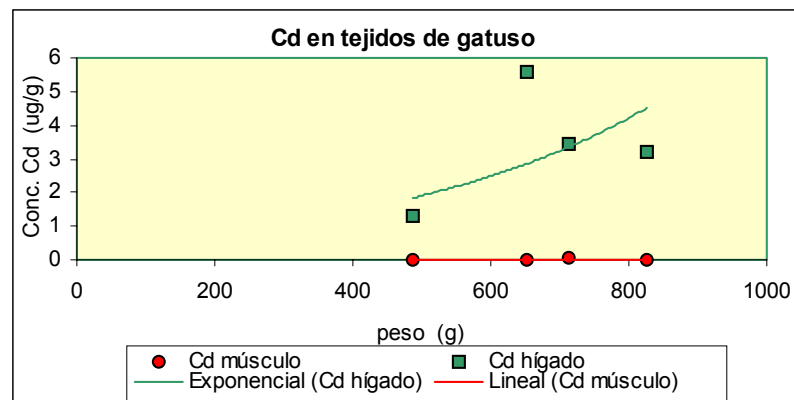


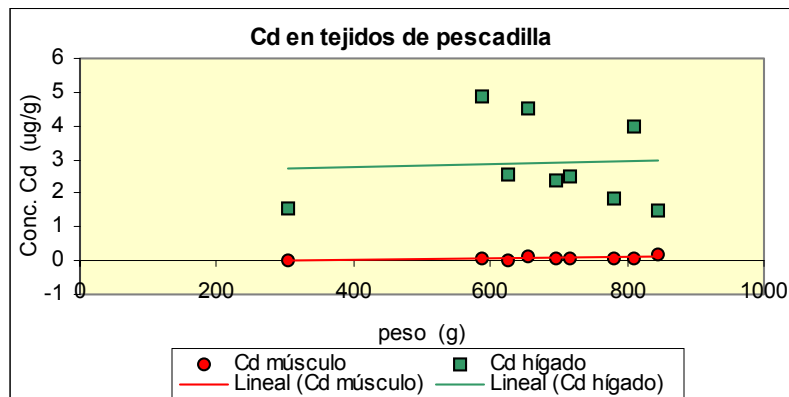
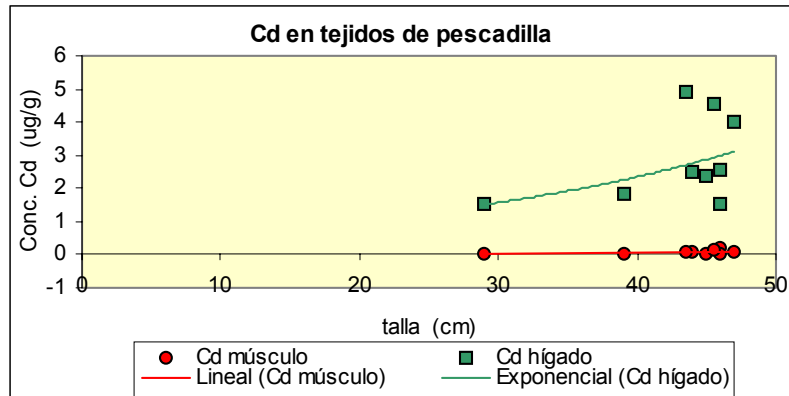


Las tendencias observadas en la distribución de zinc en los tejidos de las especies analizadas coinciden plenamente con las previamente informadas para peces de este ambiente, aunque las concentraciones correspondientes fueron significativamente inferiores que las históricas de las mismas especies (Marcovecchio, 1988 ; Marcovecchio *et al.*, 1988.a ; 1988.b).

c. Cadmio

Sólo algunas de las especies de peces analizadas durante este período presentaron niveles de cadmio detectables en sus tejidos. Los resultados obtenidos muestran lo siguiente: los datos de metales analizados en tejidos





de los peces estudiados coinciden con las previamente informadas, y las concentraciones correspondientes son similares a las históricas (Marcovecchio, 1988 ; Marcovecchio *et al.*, 1988.a ; 1988.b)

d. **Plomo y Cromo**

Estos metales no estuvieron presentes en ninguno de los ejemplares estudiados, o sus valores fueron significativamente bajos.

**COMPARACION NUMERICA DE LAS CONCENTRACIONES DE METALES
DETERMINADAS CON DATOS HISTORICOS**

| ESPECIE | 1999 – 2000 | | | 1982 – 1988 | | |
|----------------|--------------------|-------------|-------------|-----------------------------|--------------|-------------|
| | (este trabajo) | | | <i>(Marcovecchio, 1988)</i> | | |
| | Hg | Zn | Cd | Hg | Zn | Cd |
| Gatuso | 0.33 ± 0.2 | 20.12 ± 2.1 | 0.04 ± 0.01 | 0.89 ± 0.29 | 17.60 ± 3.53 | 0.18 ± 0.10 |
| Corvina | 0.24 ± 0.1 | 18.66 ± 4.3 | N.D. | 0.37 ± 0.11 | 34.01 ± 6.38 | 0.34 ± 0.25 |
| Pescadilla | 0.23 ± 0.1 | 24.56 ± 5.2 | 0.10 ± 0.02 | 0.39 ± 0.10 | 25.35 ± 1.19 | 0.06 ± 0.04 |
| Pejerrey | 0.2 ± 0.07 | 14.58 ± 4.6 | N.D. | 0.22 ± 0.07 | 24.63 ± 5.66 | 0.12 ± 0.05 |

(datos de metales en músculo de los ejemplares estudiados)

| ESPECIE | 1999 – 2000 | | | 1982 – 1988 | | |
|----------------|--------------------|-------------|-------------|-----------------------------|--------------|-------------|
| | (este trabajo) | | | <i>(Marcovecchio, 1988)</i> | | |
| | Hg | Zn | Cd | Hg | Zn | Cd |
| Gatuso | 0.31 ± 0.18 | 16.32 ± 3.4 | 4.19 ± 0.94 | 0.88 ± 0.35 | 30.01 ± 7.68 | 6.26 ± 1.39 |
| Corvina | 0.28 ± 0.12 | 48.22 ± 6.5 | 4.38 ± 0.83 | 0.32 ± 0.11 | 101.7 ± 46.0 | 5.05 ± 1.71 |
| Pescadilla | 0.24 ± 0.12 | 59.24 ± 9.3 | 3.88 ± 0.52 | 0.28 ± 0.11 | 523.8 ± 62.1 | 8.65 ± 1.92 |
| Pejerrey | 0.09 ± 0.06 | 37.51 ± 5.1 | N.D. | 0.19 ± 0.07 | 129.7 ± 20.7 | 1.50 ± 0.34 |

(datos de metales en hígado de los ejemplares estudiados)

Por último, es importante destacar que –en ninguno de los casos analizados– los contenidos de metales determinados en los peces de Bahía Blanca superaron los estándares internacionalmente aceptados como aptos para el consumo humano (Nauen, 1983), valores que se detallan en la Tabla adjunta. Estos valores de aptitud han sido determinados en base la determinación de la concentración de metal que genera efectos biológicos deletéreos a partir de una ingesta de 100 g pescado/día.

| PAIS | PRODUCTO | ESTANDARES RECOMENDADOS | | |
|----------------|------------------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|
| | | Hg ($\mu\text{g/g}$) | Cd ($\mu\text{g/g}$) | Zn ($\mu\text{g/g}$) |
| ALEMANIA | Peces | 1.0 | 0.5 | --- |
| AUSTRALIA | Peces | 0.5 | 0.2 | 150 |
| | Moluscos | 0.5 | 2.0 | 1000 |
| CHILE | Todo tipo de alimentos | --- | 0.05 | 100 |
| INDIA | Peces y prod. Pesqueros | 0.5 | --- | 50 |
| ITALIA | Peces | 0.7 | --- | --- |
| HOLANDA | Moluscos | 1.0 | 1.0 | --- |
| | Peces | 1.0 | 0.05 | --- |
| | Crustáceos | 1.0 | 0.3 | --- |
| JAPON | Peces | 0.4 | --- | --- |
| NUEVA ZELANDIA | Peces y prod. Pesqueros | 0.5 | 1.0 | 40 |
| SUIZA | Peces, crustáceos y moluscos | 0.5 | 0.1 | --- |
| | | | | |

Estándares de aptitud para consumo humano (Nauen, 1983). Los valores recomendados corresponden a concentraciones de metales en músculo comestible de las especies estudiadas, considerando que es la fracción que consume el hombre.

En nuestro estudio se incluyó también la concentración de metales en hígado de las especies estudiadas considerando que es el órgano de mayor actividad metabólica de esos organismos, y así señalará claramente la presencia de estos compuestos en esas especies.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos durante este período nos permiten sostener las siguientes conclusiones preliminares :

1. Los parámetros oceanográficos estudiados muestran una situación estructural y funcional adecuadas del ecosistema para el desarrollo normal de sus procesos biológicos.
2. Los niveles de metales pesados determinados concuerdan con los registrados en el estudio previo, indicando una relativa estabilidad del sistema.
3. Algunos de los metales (por ejemplo, cromo) mostraron todo su contenido incluido en fracciones no móviles del sistema, mientras que otros presentaron importantes porcentajes unidos a las fracciones móviles (por ejemplo, Zn, Cd o Pb).
4. Las especies químicas más comunes en las que se presentan los metales en el sistema son -en general- adecuadas para ser incorporadas por los organismos.
5. Las especies de peces estudiadas presentaron metales en sus tejidos (por ejemplo, mercurio, cadmio y zinc).
6. Ninguna de las especies estudiadas superó las concentraciones de metales establecidas como *estándares de aptitud para consumo humano*, siendo -por lo tanto aptas para la alimentación del hombre- en todos los casos.
7. El conjunto de los resultados permite sostener que:
 - Las áreas evaluadas del ecosistema tienen un funcionamiento eco-fisiológico normal, coincidente con los antecedentes históricos del sistema.
 - Hay indicios de la existencia de aportes externos de algunos metales traza (por ejemplo, zinc, cadmio o plomo).

- Hay una significativa disminución de los niveles de mercurio en el sistema con respecto a los valores históricos publicados.
- Algunos de los metales estudiados (tanto por geoquímica como por especiación) están en condiciones de ser incorporados por los organismos del estuario.
- Los peces estudiados incluyen en sus tejidos algunos metales (por ejemplo, mercurio, cadmio y zinc).
- Ninguno de estos metales superó niveles de aptitud de consumo humano.
- Aún no se han identificado las fuentes de metales del sistema natural evaluado.

Bahía Blanca, julio de 2000

BIBLIOGRAFIA

- APHA, 1992.** Standard methods for the examination of water and wastewater. L.Clesceri, A.Greenberg & A.Eaton (eds), APHA-AWWA.WEF, Washington,USA, 680 pp.
- Eberlein, K. & G. Kattner. 1987.** *Fresenius Z.Anal.Chem.*, **326**: 354-357.
- Freije,R.H., R.Asteasuain, A.Schmidt & J.Zavatti. 1981.** *Contrib.Científ.IADO N°57* : 20 pp.
- Grasshoff, K. 1983.** In : *Methods in seawater analysis* , K. Grasshoff, M. Erhardt & K. Kremling (eds), 2nd.Edition, Verlag-Chemie, Ch.9, pp.134-137.
- IADO, 1997.** Estudio de la calidad del agua en la ría de Bahía Blanca. Informe Final, Instituto Argentino de Oceanografía: 60 pp.
- Koirtzyhann & Wen. 1973. Critical study of the APDC-MIBK straction system for atomic absortion Anal. Chem., 45 (12): 1986-1989.**
- Lacerda, L.D., C.M.M.Souza & M.H.Pestana.1988.** In: *Metals in coastal environments of Latin America*, U.Seeliger, L.D.Lacerda & S.Patchineelam (eds), Springer-Verlag, pp. 86-99.
- Lorenzen, C. 1967. Limnol. And Oceanography, 12(2): 343-346**
- Marcovecchio,J.E. 1988.** Tesis Doctoral, Univ.Nac.Mar del Plata: 212 pp.
- Marcovecchio,J.E., R.J.Lara & E.Gómez. 1986. Environ.Technol.Lett., 7: 501-507.**
- Marcovecchio,J., V.Moreno & A.Pérez. 1988.a. Sci.Tot.Environ., 75: 181-190**
- Marcovecchio,J., V.Moreno & A.Pérez. 1988.b.** In : *Metals in coastal environments of Latin America*, U.Seeliger, L.D.Lacerda & S.Patchineelam (eds), Springer-Verlag, pp. 122-129.
- Megalatti,N. 1983.** These, Univ.Paul et des Pays L'adour: 224 pp.
- Nauen,C.E. 1983. FAO Fish.Circ.N°764: 102 pp.**
- Pucci,A.E. 1988.** *Metals in coastal environments of Latin America*, U.Seeliger, L.D.Lacerda & S.Patchineelam (eds), Springer-Verlag, pp.9-15.
- Pucci,A., R.Freije, R.Asteasuain, J.Zavatti & J.Sericano. 1979.** *Contrib. Científ. IADO N°52* : 90 pp.
- Pucci, A., R.Freije, R.Asteasuain, J.Zavatti & J.Sericano. 1980.** *Contrib. Científ. IADO N°56* : 69 pp.
- Strickland, J & Parsons, T. 1968.** A Practical Handbook of Seawater Analysis, pp 207-211
- Technicon®, 1973.** *Industrial Method N° 186 - 72 W/B.*
- Treguer, P., & P. Le Corre (1975) Manuel D'Analyse des Sels Nutritifs dans l'Eau de Mer, Univ.Bretagne Occidentale : 109 pp.**
- Uthe,J., Armstrong,F., Stainton,M. 1970.** *Mercury determination in fish samples by digestion and flameless atomic absortion spectrophotometry. J.Fish. Res. Bd. Canada, 27 : 805-811*

- Villa,N., Pucci,A. 1987.** *Seasonal and Spatial Distributions of Coppe, Cadmium and Zinc in the sea water of Blanca Bay, Argentina. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 25, 67-80, (1987)*
- Villa,N. 1988.** In : *Metals in coastal environments of Latin America*, U.Seeliger, L.D.Lacerda & S.Patchineelam (eds), Springer-Verlag, pp.30-44.
- Villa,N., Baldini,M., Cubitto,M., Cabezali,C. 1992.** *Control de aguas marinas para uso estacional. II Congreso Latinoamericano de Ecologia- II Simposio de Análisis Ambiental-Primer Congreso de Ecologia de l Brasil.*