



**EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR
HIDROCARBUROS Y METALES EN LA ZONA
COSTERA PATAGÓNICA**

**Mónica Gil , Miguel Harvey, Marta Commendatore ,
Juan Carlos Colombo, José Luís Esteves.**

ISSN N° 0328 – 462X

1996

Permitida la reproducción total o parcial citando a la fuente

*Plan de Manejo
Integrado de la
Zona Costera
Patagónica*

GEF / PNUD
WCS / FPN

Citar como :

Mónica Gil , Miguel Harvey, Marta Commendatore , Juan Carlos Colombo, José Luís Esteves. . EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR HIDROCARBUROS Y METALES EN LA ZONA COSTERA PATAGÓNICA. **Informes Técnicos del Plan de Manejo Integrado de la Zona Costera Patagónica** (Puerto Madryn, Argentina) N° 21

Para mayor información dirigirse a:

Fundación Patagonia Natural
Marcos A. Zar 760, Puerto Madryn, (9120), Chubut, Argentina
Casilla de Correo 160
Tel. – Fax: (02965) 472-023 / 451-920 / 474-363
EMail: pnatural@patagonianatural.org

“ 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 entretenimiento, 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 POR HIDROCARBUROS Y METALES EN LA ZONA COSTERA PATAGÓNICA

Marta Commendatore (1,2), Mónica Gil (1,2), Miguel Harvey (3), Juan Carlos Colombo (4) y José Luis Esteves (1,2)

(1) Centro Nacional Patagónico (CONICET). Bv. Brown 3.000. (9120) Puerto Madryn; (2) Fundación Patagonia Natural. Marcos A. Zar 760 (9120) Puerto Madryn; (3) Universidad Nacional de la Patagonia. Bv. Brown 3.300. (9120) Puerto Madryn. (4) Química Ambiental, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata. Av. Calchaquí Km 23,5 (1888) Florencio Varela.

RESUMEN

Se analiza la concentración de hidrocarburos aromáticos y alifáticos, y de metales (Mercurio, Cadmio, Plomo, Cobre y Zinc), en sedimentos de la costa patagónica desde Río Gallegos en el sur hasta Río Colorado, en el norte. Se analiza la concentración de oxígeno disuelto, salinidad, conductividad y se determina la temperatura en el agua de las estaciones muestreadas.

Los hidrocarburos derivados del petróleo muestran su concentración más elevada en las estaciones de carga de los buques petroleros y se ha observado que la tendencia de acuerdo a datos anteriores, al menos en Caleta Córdova, es a aumentar. En general los puertos presentan concentraciones de hidrocarburos mayores que las zonas adyacentes, relacionadas con la actividad portuaria. Sin embargo, el impacto de estos contaminantes no se circunscribe solamente a las zonas de carga y a puertos patagónicos, sino que en zonas aisladas como en Faro Aristizábal, se han encontrado concentraciones elevadas. El origen podría ser los derrames que se producen en zonas de carga o el alije de los buques petroleros y que son transportados por los vientos y las corrientes marinas. Las concentraciones más elevadas de metales pesados se han observado principalmente en la bahía de San Antonio (Golfo San Matías), con valores entre 1 y 3 órdenes de magnitud superior al resto de la costa. Su origen podría estar en los depósitos de ganga provenientes de la actividad minera. Los parámetros ambientales medidos muestran, en general, valores de saturación de oxígeno, salinidades o conductividades típicas de zonas marítimas y una temperatura que aumenta en función inversa a la latitud. Se discuten los valores encontrados y se presentan recomendaciones para minimizar el impacto de estos contaminantes en la zona costera.

INTRODUCCION

La explotación y el transporte de petróleo son actividades muy importantes para el desarrollo económico de la sociedad industrial moderna. Sin embargo, estas actividades son generadoras de riesgos que se traducen en contaminaciones accidentales (naufragios de buques petroleros, incendios en plataformas de explotación, pérdidas, etc.) o crónicas (operaciones de carga y descarga, deslastre, lavado de sentinas, mantenimiento defectuoso, etc.), que afectan directamente al ecosistema marino y costero, en particular. Si bien menos espectacular que los accidentes, la contaminación crónica es nefasta porque su incidencia sobre organismos marinos se produce por exposición permanente a pequeñas cantidades (dosis subletales). Esto genera cambios en la composición de poblaciones y comunidades; este efecto es mucho más difícil de evaluar que el de la contaminación aguda.

Actualmente existen sobre la costa argentina, boyas de carga y descarga de hidrocarburos, plataformas de explotación off-shore, un activo transporte de petróleo entre los puertos patagónicos (Punta Loyola, Caleta Olivia, Caleta Córdova) y los del norte (Bahía Blanca, La Plata y Buenos Aires). Por otra parte la actividad pesquera con barcos costeros, de media altura y de altura, y un tráfico de buques de ultramar y de cabotaje, generan una cantidad de residuos de hidrocarburos que muchas veces terminan sobre la costa afectando colonias de aves y apostaderos de mamíferos marinos.

Algunos metales pesados (entre ellos Mercurio, Cadmio y Plomo) están considerados como los contaminantes más peligrosos que existen. Otros, como Cobre y Zinc, si bien esenciales para los organismos vivos, también resultan tóxicos cuando se superan ciertas concentraciones umbrales.

Cuando estos elementos ingresan en el medio acuático, pueden permanecer en el agua, adsorberse al sedimento o fijarse biológicamente en los organismos. En efecto, muchos organismos marinos son capaces de concentrar metales, algunos de los cuales compiten con aquellos esenciales para el crecimiento y pueden acumularse a lo largo de la cadena alimentaria. Por esta razón, para la exportación de productos de la pesca se exige valores de concentración metálica (entre ellos, Mercurio, Cadmio, Plomo y Cobre), por debajo de un cierto umbral.

La actividad extractiva de minerales en la zona patagónica es escasa. Puede destacarse, sin embargo, la carga de mineral de hierro (ahora detenida) en la localidad de Punta Colorada (Provincia de Río Negro); la carga por Puerto Madryn de Zinc y Cobre, conteniendo además Cadmio, Plomo, Oro y Plata, (hasta 1992); la descarga de minerales de alúmina, brea y coque por el mismo puerto y la carga de mineral de carbón en Río Gallegos (Provincia de Santa Cruz).

La información previa sobre estos contaminantes en la zona patagónica se ha restringido a áreas específicas de la costa (Gil y col., 1988, 1989; Esteves y Varela, 1991; Esteves y col., 1992; Esteves y Commendatore, 1993; Esteves y col., 1993).

Con el fin de establecer por una parte una línea de base que refleje la situación actual en la concentración de hidrocarburos y de metales y por otra, comparar con la información previa existente, se ha realizado un estudio a lo largo de la zona costera patagónica, entre la desembocadura del río Colorado en el norte hasta el río Gallegos en el Sur.

MATERIALES Y METODOS

1. Lugares de muestreo.

Se han seleccionado las siguientes localidades a lo largo de la costa. En algunas de ellas, se han muestreado varias estaciones que se especifican en las tablas respectivas. La figura 1 muestra la ubicación geográfica.

Número	Localidad
1	Punta Loyola.
2	Punta Quilla.
3	Puerto San Julián.
4	Puerto Deseado.
5	Caleta Olivia (Golfo San Jorge).
6	Rada Tilly (Golfo San Jorge).
7	Comodoro Rivadavia (Golfo San Jorge).
8	Caleta Córdova (Golfo San Jorge).
9	Faro Aristizábal (Golfo San Jorge).
10	Bahía Camarones.
11	Puerto Rawson (Bahía Engaño).
12	Puerto Madryn (Bahía Nueva, Golfo Nuevo).
13	Bahía de San Antonio (Golfo San Matías).
14	Río Negro (desembocadura).
15	Río Colorado (desembocadura).

Los muestreos se realizaron en campañas efectuadas principalmente entre Marzo y Junio de 1995.

2. Muestreo de sedimentos.

En cada estación se tomaron muestras de sedimentos en tres perfiles (0-3 cm; 3-6 cm; 6-9 cm) de la zona de pleamar para análisis de hidrocarburos, metales, materia orgánica y granulometría.

Se han utilizado muestreadores de plexiglás de 4.5 cm de diámetro interno, que se introdujeron verticalmente en el sedimento hasta una profundidad de 12 cm aproximadamente. Este se ha cortado en perfiles de 3 cm cada uno desde la superficie. En el caso de sedimentos formados por ripio grueso se han muestreado con espátulas las capas sucesivas (0-3 cm; 3-6 cm; 6-9 cm), sin la ayuda de los muestreadores.

Se siguieron las recomendaciones y métodos sugeridos en los Manuales y Guías de la UNESCO (1976, 1982 y 1984), Manual CARIPOL (1987) y métodos propuestos por la UNEP (1984).

3. Muestreo de agua.

Se realizó un seguimiento a lo largo del tiempo de la temperatura, la salinidad, la conductividad y el oxígeno disuelto en el agua de cada una de las estaciones.

4. Técnicas analíticas

4.1. Hidrocarburos.

El sedimento, secado hasta peso constante a 40°C, se saponifica con solución metanólica de hidróxido de potasio. La fase metanólica se extrae con hexano, calidad HPLC. El extracto se seca con sulfato de sodio anhidro y se evapora en evaporador rotativo hasta 2-3 ml y luego bajo corriente suave de gas nitrógeno a temperatura ambiente, a un volumen de 0,2 ml aproximadamente. Se efectúa la purificación y el fraccionamiento de la muestra en columna de alúmina activada eluyendo con solventes. Se obtienen dos fracciones: F1 que contiene hidrocarburos alifáticos para ser cuantificados por cromatografía gaseosa y F2 con hidrocarburos aromáticos para ser medidos por fluorescencia.

4.1.2. Hidrocarburos alifáticos (F1).

Para cada una de las estaciones se calculó la concentración individual de n-alcenos desde n-C11 a n-C30, la concentración total de n-alcenos resueltos, la concentración de los isoprenoides Pristano y Fitano, la concentración de la Mezcla Compleja No Resuelta (MCNR) evidente como una montaña bajo los compuestos resueltos y la concentración total de la fracción F1 (Concentración de Hidrocarburos n-alcenos resueltos + MCNR). Por otra parte, para la interpretación de los cromatogramas en lo que respecta al posible origen de los Hidrocarburos, se utilizaron índices reportados en la bibliografía que permiten evaluar las fuentes petrogénica, biogénica, pirogénica y diagenética. La identificación y cuantificación de los hidrocarburos resueltos se efectuó mediante comparación con mezclas de concentración conocida de patrones de estos compuestos. Para la medición se utilizó un cromatógrafo de gases con sistema de inyección Asplit-splitless®, detector de ionización de llama y columna capilar.

Índices aplicados

1) Relación $\Sigma_{\text{hpar}} / \Sigma_{\text{hcimpar}}$. 2) Relación Pristano/Fitano. 3) Hidrocarburo Mayor (HM). 4) Relación de hidrocarburos de bajo peso molecular a los de alto peso molecular (BPE/APE). 5) Relación Σ n-alcenos/n-C16. 6) Índice de preferencia por carbono (IPC). 7) Relación C17/Pristano; C18/Fitano. 8) Relación Σ n - alcanos resueltos/MCNR.

Mezcla Compleja No Resuelta (MCNR): Comprende una serie de compuestos como cicloalcanos, hidrocarburos ramificados y otros que no pueden ser resueltos por la columna capilar y eluyen como una montaña bajo los n-alcenos.

En el Anexo 1 se encuentran las definiciones de los índices, los valores que estos pueden tomar, la asociación de los mismos para evaluar la posible fuente de hidrocarburos y consideraciones sobre la MCNR.

4.1.3. Hidrocarburos aromáticos (F2).

Se mide la intensidad de la fluorescencia emitida a 360 nm con una longitud de onda de excitación de 310 nm (Farrand Optical Co. Inc.). La intensidad de la fluorescencia se compara con un patrón conocido (petróleo crudo tipo CAPSA (ESSO) y un estándar de criseno). El grado de recuperación del petróleo utilizado para las calibraciones ha sido del orden del 80%.

4.2. Metales.

Se tamiza el sedimento por mallas de 2 mm para eliminar gravas y conchillas; se analiza la fracción menor a 63 µm que es la que adsorbe preferentemente los metales. Para la determinación de Cadmio, Cobre, Plomo y Zinc se utilizó un método de extracción selectiva propuesto para cuantificar la fracción de metales biodisponibles, sin considerar el contenido total. Se digiere con ácido clorhídrico 0,5 N (25 ml/g de muestra) durante 12 horas a temperatura ambiente. Se centrifuga a 12.000 rpm y se miden las concentraciones en el sobrenadante (Agemian y Chau, 1976). Para la medición se emplea la técnica de espectrometría de absorción atómica con llama aire-acetileno.

Para Mercurio se digieren las muestras a 50°C durante una hora, en tubos de digestión Kjeldahl con ácido clorhídrico y nítrico (9 + 1) (3 ml/g de muestra). La determinación se hace por absorción atómica mediante la técnica de vapor frío.

4.2.1. Calidad de los resultados.

La calidad de los datos se determinó obteniendo los coeficientes de variación a partir de diez réplicas de una misma muestra. El porcentaje promedio de recuperación se calculó a través del agregado, previo al tratamiento, de sales inorgánicas de Zn, Cu, Cd y Pb a tres réplicas de una muestra de concentración conocida. (Tabla N11).
Todas las muestras se analizan por duplicado.

4.3. Determinación del contenido de materia orgánica.

4.3.1. Determinación de la materia orgánica total: Se realizó mediante calcinación a 450°C durante 5 horas.

4.3.2. Determinación de la materia orgánica en la fracción fina: Se realizó por oxidación con dicromato de potasio según el método de Walkley (1947).

4.4. Determinación de la granulometría: Se realizó por tamizado en seco con tamices de mallas de 2 mm y 63 µm.

4.5. Muestreo de agua para análisis complementarios.

Simultáneamente a los muestreos de sedimentos, se realizaron perfiles a lo largo del tiempo para mediciones de temperatura, oxígeno disuelto, salinidad y conductividad mediante una sonda YSI 6.000. Estos parámetros se obtuvieron cada minuto durante un tiempo que osciló entre 1 y 25 horas. Por este motivo, la cantidad de datos varió entre 60 y 1.500.

RESULTADOS

Consideraciones preliminares:

- En algunos casos, donde la estructura del sedimento no permitía el muestreo estratificado, se obtuvieron muestras solamente del perfil superior (0 - 3 cm).
- En los análisis de hidrocarburos, se informan los resultados obtenidos en el perfil 0-3 cm. En algunas estaciones en donde se observó presencia de hidrocarburos en concentraciones apreciables, se analizó la fracción 3-6 cm.
- De las estaciones muestreadas se seleccionaron Puerto Rawson, Río Colorado y las ubicadas en el Golfo San Jorge para la evaluación de hidrocarburos alifáticos.
- Las localidades de Puerto Deseado y San Antonio han sido sometidas a un análisis más exhaustivo de contaminación urbana. Por este motivo existe mayor densidad de datos para metales e hidrocarburos. Para Puerto Madryn y San Antonio Oeste, en la misma situación que las localidades anteriores, no se presentan datos en agua.

1. Descripción de las estaciones analizadas (Figura 1).

La descripción de las estaciones se basa en lo observado durante una serie de campañas de prospección y toma de muestras. Se incluyen observaciones que, si bien pueden cambiar a lo largo del tiempo, son lo suficientemente generales como para que no se produzcan cambios significativos en los próximos años. Los datos del número de habitantes corresponden al Censo de 1991.

Río Colorado. Sedimentos arenosos, obtenidos a unos 500 metros de la desembocadura. El caudal medio es de $101 \text{ m}^3/\text{seg}$ con mínimos y máximos de 27 y $694 \text{ m}^3/\text{seg}$ respectivamente (Ferrari Bono, 1990). El agua, durante la bajante, es turbia. La actividad humana es escasa, restringiéndose principalmente a la ganadería y no hay actividad industrial. Se observaron en su ribera huellas frescas de jabalí, pumas y aves. La desembocadura se caracteriza por islotes más o menos vegetados. No se observaron bancos de moluscos.

Río Negro. Sedimentos compuestos por arena, obtenidos a unos 200 metros de la desembocadura. El agua, durante la bajante, es clara. Presenta un caudal medio de $1006 \text{ m}^3/\text{seg}$ con mínimos y máximos de 228 y $2983 \text{ m}^3/\text{seg}$ respectivamente (Ferrari Bono, 1990). Hay actividad agrícola en sus riberas y existen dos importantes asentamientos urbanos aguas arriba: Viedma, a unos 25 kilómetros (40.452 habitantes) y Carmen de Patagones con una densidad similar. La desembocadura se caracteriza por grandes bancos de arena y limo, algunos de los cuales se cubren durante la pleamar. No se observaron bancos de moluscos. Los sedimentos presentan franjas negras asociadas más al mineral ilmenita que a altos contenidos de materia orgánica.

Bahía de San Antonio. Está ubicada al noroeste del Golfo San Matías. Se trata de sedimentos compuestos por grava, arena y limo. Hay asentamientos urbanos de importancia como San Antonio Oeste y San Antonio Este dentro de la Bahía y Las Grutas, 10 Km al sur. La población en estas localidades fué de 12.779 habitantes. Los sedimentos se tomaron cerca del puerto (San Antonio Oeste) y en Caleta Falsa (San Antonio Este). La amplitud de la marea es del orden de los 7 a 8 metros. Las corrientes de marea son del orden de los 2 a 3 nudos. La eliminación del agua servida se hace mediante pozos negros, con excepción de Las Grutas que tiene un porcentaje de la ciudad conectado a una planta de tratamiento secundario. El agua, una vez tratada, se eleva a una depresión natural.

Bahía Nueva. Se encuentra ubicada al oeste del Golfo Nuevo. Presenta sedimentos de grava, arena y limo. El asentamiento urbano más importante es la Ciudad de Puerto Madryn (45.047 habitantes). La amplitud de la marea es del orden de los 4 a 5 metros. La actividad industrial es variada (industrias metalúrgicas y pesqueras). Existe una planta de tratamiento secundario de aguas servidas urbanas que no funciona correctamente. Las industrias pesqueras poseen plantas de tratamiento que no funcionan en algunos casos, lo hacen deficientemente o presentan un comportamiento muy variable en otros. La realidad es que existe un drenaje de aproximadamente 10.000 m³/día de agua dulce al mar con concentraciones variables de materia orgánica particulada, nutrientes en alta concentración y déficit de oxígeno disuelto. Hay actividad turística frente a la Bahía Nueva y dentro del Golfo en algunos lugares particulares (Puerto Pirámide, con 152 habitantes permanentes; Playa el Doradillo; Cerro Avanzado; Bahía Cracker, etc.).

Río Chubut o Bahía Engaño. Los sedimentos son arenosos con bajo porcentaje de limos. Hay actividad industrial (pesca) con plantas ubicadas sobre las márgenes del río. En éste se encuentra Puerto Rawson. Los buques pertenecientes a la flota amarilla entran o salen durante la pleamar a causa de la casi nula profundidad durante la bajamar. La amplitud de marea es del orden de los 3 metros. El caudal del río presenta una media de 49 m³/seg, con caudales mínimos y máximos entre 4 y 261 m³/seg (Ferrari Bono, 1990). Hay actividad turística frente a la Bahía (Playa Unión). No existe tratamiento de aguas servidas, derivándose éstas a pozos negros. La población de Rawson, Puerto Rawson y Playa Unión totaliza 20.674 habitantes, mientras que el Valle inferior (VIRCH) cuenta con una población aproximada de 107.769 habitantes.

Bahía Camarones. Los sedimentos están compuestos por ripio fino y grueso y arena gruesa. Hay un puerto con actividad industrial (pesca). Otra actividad de importancia es la recolección de algas en los alrededores (Bahía Bustamante, Puerto Melo, etc.). La ciudad no posee sistema de tratamiento de agua y utiliza los pozos negros (868 habitantes).

Faro Aristizábal. (Golfo San Jorge). Se ubica al sur de Bahía Bustamante. Los sedimentos están compuestos en su mayoría por ripio fino, grueso y arena gruesa. Se observa gran acumulación de materiales diversos provenientes del mar (botellas plásticas y de vidrio, sunchos, latas, boyas, aerosoles, bolsas de polietileno, restos de comida y recipientes de comida, etc.). Una de las características es la presencia de petróleo y residuos de petróleo sobre las playas, entre las piedras, dentro de las pequeñas caletas, etc.

Caleta Córdova.(Golfo San Jorge). Sedimentos compuestos por ripio fino y grueso y arena gruesa. Hay un asentamiento urbano sin tratamiento de agua (pozos negros). La actividad industrial se basa principalmente en la pesca y en la explotación, transporte y carga de petróleo a través de una boya sueca.

Comodoro Rivadavia. (Golfo San Jorge). Los sedimentos presentan una granulometría muy variable y dependiente de la zona escogida. Están compuestos por ripio fino y grueso, arena gruesa, fina y limo. En algunos casos se observa el depósito de material árido, en la zona intermareal. Se encuentra el mayor asentamiento urbano de la Patagonia (125.725 habitantes, que incluye a Caleta Córdova), distribuido a lo largo de más de 20 Km de costa. Parte del agua servida es tratada y conducida por cañerías al mar o enviada a pozos negros. La actividad industrial es muy amplia. Se basa principalmente en la explotación, transporte y carga de petróleo a través de una boya sueca; la descarga de combustibles livianos; la fabricación de cemento; frigoríficos, pesca, etc. Las industrias

no tienen, en general, tratamiento de aguas o éstos son deficientes. La zona recreacional se confunde con la zona industrial y es posible encontrar, frente a la ciudad, barcos pesqueros varados, cables, anclas, etc.

Rada Tilly.(Golfo San Jorge). Presenta sedimentos arenosos a lo largo de unos 3 kilómetros. La actividad principal de esta ciudad de 2.924 habitantes es la recreación y el turismo.

Caleta Olivia (Golfo San Jorge). Los sedimentos están compuestos por ripio fino y grueso y arena gruesa. La población es de unos 27.929 habitantes. El agua servida es conducida por cañerías a una planta de tratamiento ubicada en la zona sur (cerca del Puerto Nuevo). Su funcionamiento aparentemente, no es bueno. La actividad industrial se basa principalmente en la explotación, transporte y carga de petróleo a través de una boya sueca. Con la apertura del nuevo Puerto, se incrementará la actividad pesquera. La zona recreacional se encuentra cercana a la zona industrial, frente a la caleta homónima, en donde se encuentran los buques que aseguran el funcionamiento de la boya.

Puerto Deseado. La ciudad (7.089 habitantes) se encuentra ubicada en la parte norte de la ría homónima. Los sedimentos están compuestos por ripio fino y grueso, arena gruesa y fina. La corriente de marea es fuerte (hasta 4 nudos). La actividad principal se basa en la pesca de altura. Posee un puerto dentro de la ría. Las aguas servidas se eliminan mediante pozos negros o a través de una cañería al mar. Se está construyendo una planta de tratamiento secundario.

Puerto San Julián. Ubicado sobre la ría homónima, presenta sedimentos arenosos, y ripio fino y grueso. La ciudad (5.126 habitantes) no posee tratamiento de agua.

Punta Quilla. Se encuentra en la desembocadura del río Santa Cruz, con un caudal medio de 800 m³/seg. La principal actividad es la pesca de altura. Los sedimentos están compuestos por ripio grueso y rodados chicos y medianos. La costa se caracteriza por presentar mucha basura de origen extranjero (coreano, taiwanés, japonés, etc.), coincidente con la composición mayoritaria de la flota. Puerto Santa Cruz, algunos kilómetros aguas arriba tiene una población de 2.871 habitantes.

Punta Loyola. Se encuentra en la desembocadura del río Gallegos. Si bien presenta un caudal bajo (50 m³/seg), la amplitud de marea (alrededor de 12 metros) hace que las corrientes de flujo y reflujos en la desembocadura sean muy elevadas (hasta 12 nudos). La principal actividad es la carga de petróleo, que se realiza sobre el muelle de Punta Loyola. Los sedimentos están compuestos por ripio fino y grueso. La costa se caracterizó por estar libre de basura. Aguas arriba se encuentra la ciudad de Río Gallegos, con 64.852 habitantes. No existe tratamiento de aguas servidas tanto de origen urbano como industrial y se utilizan pozos negros y cañerías al río. Se encuentra sobre su costa el muelle de carga de carbón que llega por tren desde Río Turbio hasta la ciudad.

2. Parámetros acompañantes: La tabla N1 2 muestra los valores de la granulometría, la materia orgánica para los perfiles de sedimento analizados. El análisis granulométrico evidencia sedimentos de textura gruesa con claro predominio de las fracciones arena y grava sobre los finos.

3. Hidrocarburos.

3.1. Hidrocarburos aromáticos.

La tabla N1 3 muestra los resultados de hidrocarburos aromáticos medidos por fluorescencia. Los valores más bajos se registraron en localidades costeras con actividad antrópica no relacionada directamente con el petróleo. Estas fueron Punta Quilla, Bahía Camarones, Bahía Engaño y la desembocadura de los ríos Negro y Colorado.

En algunas ocasiones (Puerto Deseado, Caleta Olivia, San Antonio Oeste) se observaron en la misma localidad valores variables. En estos casos las mayores concentraciones se encontraron en el puerto. En Caleta Olivia, no se detectaron hidrocarburos aromáticos en la estación Puerto Nuevo; este Puerto está aún en construcción.

Los máximos valores se encuentran en Faro Aristizábal, Comodoro Rivadavia y Caleta Córdova. Los mínimos de las últimas dos estaciones superan los máximos encontrados en otras estaciones costeras (Figura 2).

Faro Aristizábal es un caso especial en la costa. Se han medido valores bajos ($1,4 \mu\text{g/g}$) y valores muy altos ($737.7 \mu\text{g/g}$) en el mismo lugar. Esto puede explicarse por corrientes marinas o por la acción del viento predominante (Oeste y Sud Oeste) que transportaría residuos desde Caleta Córdova y Comodoro Rivadavia.

No existen diferencias apreciables entre los diferentes perfiles analizados. En general, el perfil subsuperficial (3-6 cm), presenta concentraciones similares o levemente inferiores al perfil superior (0-3 cm). Una excepción lo constituye el sedimento de Caleta Córdova en donde el perfil 3-6 cm tuvo una concentración de $170 \mu\text{g/g}$ mientras que el superficial (0-3 cm) fue de $108 \mu\text{g/g}$. Esto puede asociarse a un evento de derrame anterior a la sedimentación de la capa superficial.

No se observó correlación significativa entre los hidrocarburos aromáticos y la materia orgánica.

La comparación con los valores obtenidos en el año 1989 en Chubut y en la costa norte de Santa Cruz (Esteves y Commendatore, 1993) muestra coherencia con la información actual (Figura 3). Las mayores concentraciones se observan siempre en Caleta Córdova, Comodoro Rivadavia y algo menores en Caleta Olivia. Los últimos datos muestran sin embargo una concentración más alta en Caleta Córdova.

3.2. Hidrocarburos alifáticos.

Los resultados de concentraciones de n-alcenos resueltos, isoprenoides Pristano y Fitano, MCNR y fracción F1 total se dan en la Tabla 4. El rango cuantificable de n-alcenos en las muestras de sedimentos abarcó desde n-C11 a n-C30.

En las estaciones ubicadas dentro del ámbito del Golfo San Jorge desde Caleta Olivia hasta Caleta Córdova la concentración de n-alcenos resueltos estuvo entre los valores $0,06$ a $7,28 \mu\text{g/g}$ (peso seco). En las mismas estaciones el valor de la MCNR varió desde no detectable hasta $146,55 \mu\text{g/g}$ (peso seco). La fracción F1 Total (Σ n-alcenos resueltos + MCNR) varió entre $0,06$ y $149,76$

µg/g. En la estación Rada Tilly sólo pudieron identificarse unos pocos hidrocarburos livianos por lo cual no se va a considerar en la discusión correspondiente (Los HC aromáticos totales medidos por fluorescencia en esta estación fueron de 1ppm). En Comodoro Rivadavia la Estación Puerto 1 dió un valor más bajo de fracción F1 en el perfil (3-6) que en el (0-3); en Caleta Córdova dió un valor de fracción F1 más elevado en el perfil (3-6) que en el (0-3). La misma distribución de valores arrojó el análisis de la fracción F2 medida por fluorescencia.

La estación correspondiente a Faro Aristizábal mostró el valor más elevado con un total de n-alcanos resueltos de 109,23 µg/g (peso seco), una MCNR de 1194,95 µg/g (peso seco) y una fracción Total F1 de 1304,18 µg/g.

En la estación correspondiente al Puerto de Rawson los valores no fueron detectables. Cabe destacar que tampoco se detectó presencia de HC aromáticos totales medidos por fluorescencia. En la estación de la desembocadura del Río Colorado la fracción F1 Total alcanzó 0,45 ug/g sin contribución de MCNR.

La comparación de concentraciones de hidrocarburos Alifáticos totales (Fracción F1) medidos por Cromatografía de Gases en función de las concentraciones de Hidrocarburos Aromáticos totales medidos por Fluorescencia (Fracción F2) en los sedimentos de las estaciones puede verse en la Figura 4.

Aplicación de los Indices

Debido a la complejidad de la mezcla de hidrocarburos presentes en las muestras naturales, para evaluar el origen de los hidrocarburos es necesario examinar diferentes parámetros composicionales además de las concentraciones absolutas.

La aplicación de los Indices de Evaluación de Hidrocarburos Alifáticos para muestras de sedimentos pueden verse en la Tabla 5 para las estaciones analizadas.

Caleta Olivia, Comodoro Rivadavia, Caleta Córdova, situadas en la costa del Golfo San Jorge, están sometidas a la presión de las actividades relacionadas con la explotación petrolera, Existen boyas de carga frente a las localidades de Caleta Olivia, Comodoro Rivadavia y en la zona de Caleta Córdova. El impacto de estas actividades se traduce en las altas concentraciones de hidrocarburos registradas.

Los resultados de hidrocarburos alifáticos en sedimentos del Golfo San Jorge y la aplicación de los índices mencionados, permite concluir sobre el origen antrópico de los hidrocarburos analizados. Presencia de Fitano en todas las muestras, que en nuestro caso son sedimentos aeróbicos; HM cerca del C18 y predominancia de C18 + Fitano; el BPE/APE con valores mayores o próximos a 1; la relación n-C16 con valores bajos comprendidos entre 7,6 y 18,1; el "Índice de Preferencia por Carbono" IPC con valores bajos comprendidos entre 0,9 y 1,5; la relación par/impar con valores próximos pero levemente > 1 y la relación pristano/fitano con valores comprendidos entre 0,9 y 1,7.

La Mezcla Compleja No Resuelta se presenta con un importante aporte que se puede ver en los bajos valores de la relación entre los hidrocarburos Res/MCNR. Estos valores reflejan la biodegradación de n-alcanos y la persistencia de la MCNR. La distribución de la MCNR sugiere un aporte mixto de petróleo crudo liviano y fracciones más pesadas que pueden derivar del reciclado de

petróleo por acción bacteriana u otras fuentes de materia orgánica. En la estación Caleta Olivia se trata de un petróleo fresco poco degradado ya que la contribución de la MCNR es menor; mientras que Caleta Córdova es el caso más evidente de degradación, con predominancia de residuos degradados más material biogénico, con los menores valores de las relaciones hidrocarburos Res/MCNR, BPE/APE y C17/Pris. En las estaciones Comodoro Rivadavia Puerto 1 (0-3) y Comodoro Rivadavia Puerto 1 (3-6) los valores más elevados de la relación BPE/APE sugieren presencia de petróleo fresco; algo similar ocurre en las estaciones Comodoro Rivadavia 11 (0-3) y Comodoro Rivadavia Puerto 2 (0-3).

Las relaciones C17/Pristano y C18/fitano son un indicio de la presencia de petróleo y una medida de su degradación. En las estaciones analizadas estos índices tienen en todos los casos valores mayores de 1. Esto indica, asociado a las concentraciones de alifáticos resueltos y a la presencia de Hidrocarburos de bajo peso molecular, un aporte permanente de petróleo fresco junto a otro petróleo residual degradado proveniente de aportes anteriores. Esto último justificado por la importante contribución de la Mezcla Compleja No Resuelta.

La Figura 5 ilustra los valores que toman algunos de los Índices aplicados para las muestras de sedimentos de las estaciones del Golfo San Jorge y la Figura 6 los cromatogramas gaseosos de algunas de las estaciones.

Faro Aristizábal situada en el Golfo San Jorge, en una zona más alejada de las actividades petroleras presenta sin embargo las concentraciones más elevadas de Hidrocarburos. Esto sugiere que Faro Aristizábal es una zona de acumulación por corrientes marinas o por corrientes asociadas al viento predominante. Los resultados de la aplicación de índices son: presencia de fitano; HM corresponde a n-C23; BPE/APE de 0,2; relación n-C16 84,9; IPC 0,5; relación par/impar 0,98 y Pristano/fitano 1,3.

Los valores máximos de n-alcános exhiben un claro predominio entre n-C20 a n-C26 mientras que en el resto de las estaciones anteriormente analizadas la distribución de n-alcános es mucho más homogénea. Esto sugiere que podría tratarse de un tipo de petróleo más pesado, más probablemente residuos degradados (tar balls) con reducción preferencial de livianos (relación BPE/APE de 0,2). La contribución de la MCNR con un valor muy importante (1194,95 $\mu\text{g/g}$) estaría confirmando esta situación.

Otra vez las relaciones C17/Pristano y C18/fitano mayores de 1, asociadas a una alta concentración de n-alcános resueltos (109,23 $\mu\text{g/g}$), presencia de compuestos de bajo peso molecular e importante contribución de MCNR evidencian un aporte de petróleo fresco junto a un residuo degradado.

Los altos valores de los n-alcános con número impar de carbonos n-C23 y n-C25, con una relación n-C16 >50 podrían asociarse a un aporte de material biogénico; sin embargo las altas concentraciones de la fracción F1 total, la alta contribución de la MCNR (hidrocarburos degradados de origen antrópico + material biogénico) y los valores de los otros índices considerados no dejan dudas de que la presencia de hidrocarburos en estos sedimentos tiene un origen petrogénico predominante.

Al encontrar en la estación Caleta Córdova perfil (3-6) hidrocarburos degradados más biogénicos con un leve predominio de HM del n-C27 y en la estación Faro Aristizábal un predominio

de HM del n-C23 que se corresponderían con un aporte de material biogénico proveniente de plantas, se analizó en este trabajo la relación Impar/Par en el rango n-C21 a n-C30. Los valores fueron 1,1 y 1,2. Según Volkman *et al.*, (1992), un indicador de hidrocarburos petrogénicos en sedimentos sería la no predominancia impar o par en la relación $\Sigma\text{impar}/\Sigma\text{par}$ en el rango comprendido entre n-C21 y n-C35. En la mayoría de las plantas vasculares los n-alcanos impares son de 8 a 10 veces más abundantes que los pares. Aún cuando estos valores estarían diluidos en los sedimentos, la relación obtenida en este caso indicaría un aporte antrópico.

Puerto Rawson mostró valores no detectables de hidrocarburos. Tampoco se detectaron valores de la fracción aromática total F2 por fluorescencia. A pesar de tratarse de un Puerto, se corresponde con una zona de muy alta energía que impediría la acumulación de los hidrocarburos en los sedimentos.

Río Colorado presenta un valor bajo de n-alcanos resueltos, distinta composición ya que no se detectaron algunos n-alcanos de la serie y ningún aporte de MCNR. La presencia de fitano; el HC mayor n-C16; BPE/APE de 7,2; la relación n-C16 de 3,7; Pristano/Fitano 1,2 y Par/Impar 3,26 nos permitir suponer un aporte de origen antrópico no necesariamente vinculado a explotación petrolera. Las relaciones C17/Pristano y C18/Fitano son similares al resto de las estaciones.

4. Metales.

Los resultados de la concentración de metales se presentan en la tabla 6.

El **Mercurio** no fué detectable por la técnica empleada en ninguna de las estaciones.

El **Cadmio** se encontró en bajas concentraciones en el puerto de San Antonio Este (11,2 $\mu\text{g/g}$) y en el extremo oeste del canal del Puerto (San Antonio Oeste) con concentraciones de 7,5 $\mu\text{g/g}$. En el resto de las estaciones las concentraciones no fueron detectables por la técnica utilizada.

El **Plomo** presenta las mayores concentraciones en la bahía de San Antonio (231 " 209; n=7), con un pico de 14.500 $\mu\text{g/g}$ en el extremo oeste del canal del Puerto (San Antonio Oeste), coincidente con picos en las concentraciones de los otros metales. Frente a Puerto Madryn, Puerto Rawson, Comodoro Rivadavia y Caleta Córdova las concentraciones medias se encuentran alrededor de los 30 $\mu\text{g/g}$. Es relevante que en Puerto Deseado los únicos valores detectados estén localizados en el puerto.

Las concentraciones de **Cobre** son máximas en la bahía de San Antonio (48 " 47; n=8), presentando valores sobresalientes en el canal del Puerto con un pico de 4.750 $\mu\text{g/g}$. Los puertos de Rawson y Comodoro Rivadavia presentan concentraciones intermedias del orden de 20 $\mu\text{g/g}$. El resto de las estaciones presentan valores entre 2 y 10 $\mu\text{g/g}$.

El **Zinc** responde al mismo patrón de concentraciones que el resto de los metales. En la bahía de San Antonio la concentración es de 118 " 119 $\mu\text{g/g}$ (n=7); los picos se presentan en el canal del puerto (7.300 $\mu\text{g/g}$) y en el puerto de San Antonio Este (8690 $\mu\text{g/g}$). Comodoro Rivadavia presenta valores de 125 " 68 $\mu\text{g/g}$ (n=3). Puerto Rawson de 97 $\mu\text{g/g}$ y luego disminuyen en el resto de las estaciones a valores entre 7 y 53 $\mu\text{g/g}$.

La Tabla 7y la figura 7 presentan valores comparativos entre las medias de todos los resultados obtenidos en la bahía de San Antonio y el resto de las estaciones. El origen de esta contaminación sería uno o varios depósitos de ganga proveniente de la actividad minera localizados en la margen sur del canal del Puerto.

No se observan correlaciones significativas entre la concentración de metales, granulometría y materia orgánica.

5. Parámetros ambientales en agua.

Las tablas y los gráficos obtenidos para cada estación, muestran los resultados de oxígeno disuelto (en porcentaje y en mg/l), salinidad (g/l), conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) y temperatura ($^{\circ}\text{C}$) observados en cada estación de muestreo. Cada estación incluye básicamente los valores máximos y mínimos registrados, el valor medio, su desviación estándar y el número de datos colectados de cada parámetro analizado; los gráficos corresponden a la evolución en función del tiempo de los parámetros medidos.

Punta Loyola: (Tabla y figura 8; 66 muestras). El muestreo se realizó con marea bajante. Sin embargo las características son de agua marina. El oxígeno disuelto se encontró saturado (98,6%); la temperatura fue constante ($11,8^{\circ}\text{C}$) y la conductividad y salinidad presentaron valores medios de $37.300 \mu\text{S}/\text{cm}$ y $32,5 \text{ g/l}$ respectivamente.

Punta Quilla: (Tabla y figura 9). Se realizaron un total de 59 determinaciones en el muelle de pesca. La salinidad mostró las características estuariales de esta zona, con valores que fluctuaron entre 29 y 30 g/l. Esta baja salinidad está asociada al aporte del río Santa Cruz. La temperatura permaneció constante y del orden de los $12,4^{\circ}\text{C}$. El oxígeno disuelto se encontró saturado en todo el muestreo.

Puerto San Julián: (Tabla y figura 10). Se obtuvieron 49 datos. El lugar elegido fue el Muelle. La salinidad y la temperatura permanecieron constantes a lo largo del muestreo ($32,9 \text{ g/l}$ y $12,9^{\circ}\text{C}$). El oxígeno disuelto se encontró saturado en todo el muestreo y con tendencia a crecer.

Puerto Deseado ha sido analizado separadamente y un informe completo sobre su situación ambiental ha sido presentado a las autoridades en el año 94.

Caleta Olivia: (Tabla y figura 11). Se tomaron 177 muestras en el ex-muelle de YPF. La temperatura disminuyó ligeramente a lo largo del muestreo. Su valor medio fue de $14,6^{\circ}\text{C}$. La salinidad se mantuvo en el orden de $33,6 \text{ g/l}$; sin embargo luego de 90 minutos de muestreo, se observaron oscilaciones entre $33,6$ y $33,2 \text{ g/l}$. Hacia el final del muestreo, los valores se mantuvieron en $33,2 \text{ g/l}$. Esto podría estar asociado a un aporte de agua dulce a la zona de muestreo. Simultáneamente el oxígeno disuelto bajó del 100% al 95% de saturación.

Comodoro Rivadavia: (Tabla y figura 12). Se realizó el muestreo en una de las boyas instaladas frente al Club Náutico Cmte. Espora. Se tomaron 509 muestras. La temperatura mostró un aumento desde $14,5$ a casi 15°C . La salinidad, en cambio, disminuyó desde $33,8 \text{ g/l}$ a $33,2 \text{ g/l}$, con algunos picos de $0,4 \text{ g/l}$. De la misma manera que en Caleta Olivia, esto podría deberse a un aporte de agua dulce. El oxígeno disuelto se mantuvo en el orden del 96% y bajó a 92% hacia el final del muestreo.

Faro Aristizábal: (Tabla y figura 13). El muestreo se realizó en una pequeña caleta ubicada sobre la costa. La temperatura y la salinidad disminuyeron ligeramente desde $17,9$ a $16,9^{\circ}\text{C}$ y desde 33 a $32,5 \text{ g/l}$. El oxígeno disuelto se encontró sobresaturado (115%). Esta sobresaturación puede deberse a la alta productividad de la costa. La estructura en Adientes de sierra que se observó puede deberse a la ubicación del analizador, en una zona poco profunda sometida al ingreso de agua recalentada por el sol.

Bahía Camarones. (Tabla y figura 14; 330 muestras). El equipo analizador se instaló en el extremo norte del muelle. La temperatura media estuvo entre 11,7 y 12°C. El valor de salinidad media ha sido de 33,9 g/l. El oxígeno disuelto aumentó desde 100% a 110% a lo largo del muestreo. Esto podría deberse a un aumento de la productividad, ya que cabría esperar una disminución de aquel parámetro con el aumento de la temperatura registrado.

En la **Bahía Engaño** o la desembocadura del río Chubut (Tabla y figura 15). Se han obtenido 360 datos. La conductividad reflejó el aporte del río. Esta disminuyó de 3.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (mezcla de agua marina y dulce) hasta aproximadamente 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$, característica del río Chubut. La temperatura fue baja por la época del muestreo, aunque presentó un máximo de 4,5°C a las 14:30. El oxígeno disuelto presentó una variación entre 92 y 95% de saturación.

Puerto Madryn y San Antonio Oeste han sido analizadas separadamente y se han elaborado informes completos sobre su situación ambiental que han sido presentados a las autoridades respectivas en el año 1994. El Informe Técnico N1 20 (1996), completa la información para San Antonio Oeste.

En la desembocadura del **río Negro** (Tabla y figura 16), se obtuvo información durante 24 horas de muestreo (1.440 muestras). La conductividad mostró una variación relacionada al cambio en la dirección de la marea. Los menores valores (menores de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$) se presentaron en forma de valles que se mantuvieron durante unas cuatro horas. Se incrementó rápidamente (marea creciente), alcanzando en menos de 2 horas los máximos de conductividad. La disminución se produjo más lentamente con un pico secundario producto, probablemente, del drenaje de una zona de lagunas de cultivo. La temperatura siguió a grandes rasgos los perfiles de conductividad, aunque los picos fueron más estrechos. Los mínimos, asociados al drenaje del río fueron de 7,8°C; los máximos fueron de 9,5°C y estuvieron asociados a la marea creciente. El oxígeno disuelto se mantuvo saturado con una variación entre 100 y 104%, correspondiendo los máximos a la marea creciente.

Los muestreos en el **río Colorado** (Tabla y figura 17), se realizaron a unos 2 kilómetros de la desembocadura (840 muestras). La conductividad media fue de 450 $\mu\text{S}/\text{cm}$, con máximos de 460

$\mu\text{S}/\text{cm}$. Si bien se observó una variación cíclica, ésta no mostró grandes fluctuaciones. La temperatura media fue de 8,6°C con muy poca dispersión. El oxígeno disuelto presentó un comportamiento particular; se observó un pico de baja concentración a las 20:30 y luego retomó una concentración de saturación. No se ha asociado esta variación a algún proceso particular.

DISCUSION

Desde el punto de vista de la granulometría de los sedimentos, es conocida la afinidad de los hidrocarburos con las fracciones finas; las estaciones con texturas limosas y arcillosas exhiben mayores concentraciones de hidrocarburos, mientras que las arenosas presentan valores mínimos (Boehm et al., 1986; Colombo et al., 1989). En la zona del Golfo San Jorge se encuentran altas concentraciones de hidrocarburos asociadas a texturas gruesas. Esto sugiere la presencia de una contaminación importante.

Existen diferentes zonas de acumulación; por una parte hay lugares relacionados con la actividad petrolera (Caleta Córdova, Comodoro Rivadavia y Caleta Olivia); por otra parte, existen zonas de acumulación, relacionadas con corrientes marinas con o sin influencia directa del viento.

Los sedimentos de la zona del Golfo San Jorge están contaminados con hidrocarburos de origen antrópico. En todas las estaciones de este Golfo se detectó aporte de petróleo fresco. La presencia de MCNR indica petróleo degradado o material orgánico degradado de múltiples fuentes. Estos datos estarían señalando un input constante por las operaciones conectadas con la explotación petrolera de la zona y el transporte marítimo, generando una contaminación crónica. En las otras estaciones analizadas, ubicadas más al norte, los valores fueron menores o no detectables.

En el caso de Faro Aristizábal, se presentan concentraciones elevadas de hidrocarburos en zonas contiguas a otras con baja concentración. Esto nos está indicando la existencia de lenguas o Aparches® que llegan a la costa transportadas por corrientes marinas. En base a esta información deberían existir zonas en los alrededores (costa o islas) que se encuentren tan impactadas como Faro Aristizábal. Esto requerirá una serie de estudios más específicos en la costa norte del Golfo San Jorge.

Se observan áreas de impacto incipiente por una actividad relativamente reciente en la explotación de hidrocarburos. Cabo Vírgenes está siendo impactado (Esteves y Commendatore, 1993) por la actividad petrolera en el estrecho de Magallanes (Argentina y Chile) y en Cullén en Tierra del Fuego (Argentina). Esto deberá analizarse con particular intensidad, tratando de establecer acuerdos de cooperación con la XIII Región chilena para el control de la contaminación de la zona. En otros casos, como Punta Quilla, no hay indicios de contaminación por hidrocarburos aromáticos, a pesar de que el puerto es ampliamente utilizado por la flota que pesca en la zona económica exclusiva y fuera de ella, para abastecimiento y otras actividades. De hecho, se encuentra gran cantidad de basura sólida diseminada a lo largo de esta costa. Una posible explicación podría ser el alto caudal del río Santa Cruz y una gran amplitud de marea que dificulta la acumulación de hidrocarburos.

La comparación con la información obtenida para la costa chubutense y norte de Santa Cruz en el año 1989 muestra coherencia con los valores actuales con excepción de Caleta Córdova que ha incrementado su concentración, producto posiblemente, de los últimos derrames producidos en esta localidad.

La tabla siguiente muestra las concentraciones halladas por distintos autores en sedimentos superficiales:

Tipo de sedimentos	Tipo de hidrocarburos	Rango [µg/g]	Autores
superficiales, infralitorales	Aromáticos Alifáticos	0,05 - 17 0,06 - 240	Colombo y col. (1989)
superf., mesolit., 11 días después de un derrame. 2 años después del derrame.	Totales Alcanos resueltos Totales Alcanos resueltos	24 - 185 1,46 - 34 14,5 - 219 3,55 - 7,30	Siron y col. (1991)
Superficiales, infralitorales. zonas no contaminadas zonas contaminadas	Totales Totales	0,5 - 2 > 500	Volkman y col., (1992)
Superficiales, infralitorales. dentro del puerto fuera del puerto	Alifáticos Alifáticos	61 - 1357 102 - 454	Tarek y col. (1995)
Superficiales, mesolitorales	Aromáticos Alifáticos	ND - 738 ND - 1304	Este trabajo

La diferencia notable en los valores de metales pesados entre la bahía de San Antonio y el resto de las estaciones de la costa obliga a buscar posibles explicaciones sobre el origen de la misma. Hemos observado que las máximas concentraciones se presentan en el extremo oeste del canal del puerto, en el límite superior de las mareas de sicigia en donde existe acumulación de minerales provenientes de una mina. El lixiviado de estos metales puede haberse producido a lo largo de muchos años por acción de la lluvia, de viento fuerte o de mareas extraordinarias; bajo estas condiciones el mineral puede alcanzar fácilmente el cauce del canal y el agua transportará estos minerales al interior de la bahía. El Zinc presentó además un pico de alta concentración en el puerto de San Antonio Este.

Será necesario encarar un estudio puntual de esta bahía con el fin de conocer los efectos que estas concentraciones de metales pueden tener en el ecosistema.

El impacto de las ciudades como Comodoro Rivadavia, Caleta Córdova, Rawson y Puerto Madryn se manifiesta claramente por la concentración de los metales analizados. En otros puertos, como Punta Loyola, en la desembocadura de los ríos Colorado y Negro y en zonas deshabitadas como Faro Aristizábal, los valores son bajos.

De la información previa obtenida en regiones con distinto grado de contaminación (Harvey y col, 1988; Moyano y col, 1993; Hershelman y col, 1981; Castagna y col, 1982), podemos decir que los valores encontrados cubren un espectro bastante amplio. En general y con excepción de la bahía de San Antonio, la zona costera patagónica presenta valores bajos a moderados de los metales analizados.

Los parámetros ambientales medidos puntualmente en las distintas localidades, no muestran valores anómalos que llamen la atención. La salinidad refleja bien las condiciones del ambiente, desembocadura de ríos o bahías aisladas; el oxígeno disuelto se encuentra saturado en la mayoría de las estaciones. Desde el punto de vista de la técnica empleada, las mediciones continuas (frecuencia cada minuto) permiten conocer la evolución de parámetros bajo estudio en función del tiempo con gran precisión. Son útiles además para estudios en la desembocadura de ríos en donde los cambios en las características de la conductividad y la salinidad son más apreciables.

CONCLUSIONES

A la luz de los resultados presentados en este informe, podemos concluir que la zona patagónica presenta focos de contaminación por hidrocarburos y metales. En el caso del petróleo, están asociados casi siempre con zonas de actividad petrolera; algunas veces, sin embargo, se observa contaminación en áreas aisladas. Se deberán extremar las condiciones de carga y descarga de petróleo, residuos de sentina y combustibles para minimizar estos problemas; al mismo tiempo controlar las rutas de navegación de buques petroleros y el funcionamiento de los sistemas de control de derrames. En el caso de metales, la situación global es buena, pero se encuentran elevadas concentraciones en la Bahía de San Antonio Oeste. Esta deberá controlarse específicamente y eliminar urgentemente los focos de contaminación.

AGRADECIMIENTOS

Han colaborado en este trabajo el Dr. Ernesto Haggi de la Universidad Nacional de la Patagonia Austral, el Instituto de Biología Marina y Pesquera "A. Storni", el Club Náutico de Río Gallegos (CEMA), la Sra. Lucía Lombardich de la Secretaría de Turismo de Puerto San Julián, el Sr. Eduardo Polanco de la Secretaría de Turismo de Caleta Olivia, el Club Náutico ACdte. Espora@ de Comodoro Rivadavia, el Sr. Ricardo Alcalde del Departamento Provincial de Aguas de Río Negro y la Estancia San Antonio de Río Colorado. Por el CENPAT/FPN, Anal. de Sist. Horacio A. Ocariz. Por la Fundación Patagonia Natural: el Sr. Marcos Oliva Day, el Sr. Juan Carlos Aguerrebere, la Sra. Angeles Gonzalez, la Sra. María del Carmen Falcón, el Dr. Esteban Frere y la Dra. Patricia Gandini. Por la Universidad Nacional de la Patagonia: el Sr. Rubén Reinoso y la Lic. Nelda Olivera.

Este trabajo fue realizado en el marco del Plan de Manejo Integrado de la Zona Costera Patagonica (P.M.I.Z.C.P.), financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (G.E.F.) a través del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (P.N.U.D.) y ejecutado por la Oficina de las Naciones Unidas para el Servicio de Proyectos (U.N.O.P.S.).

REFERENCIAS

- Agemian H. and Chau A.S.Y., 1976: Evaluation of extraction techniques for the determination of metals in aquatic sediments. *The Analyst*, 101(1207).
- Boehm P. y Requejo A.G., 1986: Overview of the recent sediment hydrocarbon geochemistry of Atlantic and gulf coast outer continental shelf environments. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Vol. 23, 29-58.
- Broman D., Colmsjö A., Ganning B., Naf C., Zebuhr Y. y Ostman C., 1987: "Fingerprinting" petroleum hydrocarbons in bottom sediment, plankton, and sediment trap collected seston. *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 18 (7) 380-388.
- Castagna A., Sarro F., Sinatra F. and Console E., 1982: Heavy metal distribution in sediments from the gulf of Catania, Italy. *Mar. Poll. Bull.*, 13 : 432-434. Censo Nacional de Población y Vivienda 1991. Resultados provisionarios.
- Clark R.C.Jr. y Finley J.S., 1973: Techniques for analysis of paraffin hydrocarbons and for interpretation of data to assess oil spill effects in aquatic organisms. *Proceedings of Joint Conference on Prevention and Control of Oil Spills*; American Petroleum Institute, Washington, DC, pp. 161-172
- Colombo J.C., Pelletier E., Brochu C., Khalil M. y Catoggio J.A. , 1989: Determination of hydrocarbon sources using *n*-alkane and polyaromatic hydrocarbon distribution indexes. Case study: Río de La Plata estuary, Argentina. *Environmental Science and Technology*, 23: 888-894.
- Esteves J.L., Santinelli N., Sastre V., Diaz R. y Rivas O., 1992: A dinoflagellate bloom and P.S.P. production associated with upwelling in Golfo Nuevo, Patagonia, Argentina. *Hydrobiologia*, 242 : 115-122.
- Esteves J.L. y M. G. Commendatore, 1993: Total Aromatic hydrocarbons in water and sediment in a coastal zone of Patagonia, Argentina. *Marine Pollution Bulletin*, 26 : 341-342. Esteves J.L., Commendatore M., Solís M., Gil M. y Olivera N. 1993. Investigación en las costas del Atlántico Sur. *Petrotecnica (Instituto Argentino del Petróleo) Año XXXIV, NE3: 26-32.*
- Ferrari Bono, Bruno, 1990: La potencialidad del agua. *Recursos hídricos continentales de la Patagonia Argentina. Ciencia Hoy*, 2 (7), pp. 54-67.
- Gold G., Acuña J. y Morell J., 1987: Manual CARIPOL/IOCARIBE para el análisis de hidrocarburos de petróleo en sedimentos y organismos marinos.
- Gearing P., Gearing J., Lytle T.F y Lytle J., 1976: Hydrocarbons in 60 northeast gulf of Mexico shelf sediments: a preliminary survey. *Geochim. Cosmochim. Acta*, Vol.40, 1005-1017.
- Gil Mónica Moemí, Esteves José Luis and Harvey Miguel Angel, 1988: Metal content in bivalve molluscs from the San José and Nuevo Gulfs, Patagonia, Argentine. *Mar. Poll. Bull.* 19(4) : 181 - 182.
- Gil Mónica Noemí, Sastre Viviana, Santinelli Norma and Esteves José Luis, 1989: Metal content in seston from the San José Gulf, Patagonia, Argentina. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 43 : 337 - 341
- Harvey M. and Gil M., 1988; Concentration of same trace elements in recent sediments from the San José and Nuevo Gulfs, Patagonia, Argentina. *Mar. Poll. Bull.*, 19 : 394-396.
- Lecaros O.P., Alberti P. y Astorga M.S., 1991: Hidrocarburos parafínicos en aguas del Estrecho e Magallanes. *Rev. Biol. Mar.*, Valparaíso, Vol. 26 (1): 61-74.
- Moyano M., Moresco H., Blanco J., Rosadilla M. and Caballero A., 1993: Baseline studies of coastal pollution by heavy metal, oil and PAHs in Montevideo. *Mar. Poll. Bull.* 26 : 461-464
- Siron R., Pelletier E. et Brochu, C., 1991: Suivi d'une contamination pétrolière accidentelle dans l'estuaire du Saint Laurent: le cas d'Ile-aus-Grues. *Water Poll. Res. J. Canada*, 26 : 61-86.

- Tarek A.T. Aboul-Kassim and Bernd R.T. Simoneit, 1995: Petroleum Hydrocarbons Fingerprinting and Sediment Transport Assessed by Molecular Biomarker and Multivariate Statistical Analyses in the Eastern Harbour of Alexandria, Egypt. *Mar. Poll. Bull.*, 30: 63-73.
- UNESCO, 1982: Determinación de los hidrocarburos de petróleo en los sedimentos. *Manuales y Guías 11*: 35 pp.
- UNESCO, 1984: Manual para la vigilancia del aceite y de los hidrocarburos del petróleo disueltos o dispersos en el agua del mar y en las playas. Procedimientos para el componente petróleo del sistema de vigilancia de la contaminación del mar (MARPOLMON-P). *Manuales y Guías 13*; 37 pp.
- UNEP, 1984: Sampling of selected marine organisms and samples preparation for trace metals analysis. *Reference methods for marine pollution studies*, 7 Rev2., 19pp
- Volkman J., Holdsworth D., Neill G. and Bavor H., 1992: Identification of natural, anthropogenic and petroleum hydrocarbons in aquatic sediments. *The Science of the total environments*, 112 : 203-219.
- Walkley A., 1947: A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils. Effect of variations in digestion conditions and of inorganic soils constituents. *Soil Sci.*, 63 : 251-264.

ANEXO 1

Indices aplicados

1) RELACION Σ H_{par}/ Σ H_{Cimpar}:

Los n-alcenos derivados del petr3leo muestran usualmente en los sedimentos un amplio rango de distribuci3n y muy baja o ausencia de predominancia par o impar. (Volkman *et al.*, 1992).

La relaci3n Σ Impar/ Σ Par (n-C15 a n-C21) se encuentra cercana a la unidad para productos derivados del petr3leo (Broman *et al.*, 1987).

2) RELACION Pristano/Fitano:

* El pristano puede tener una fuente directa en los l3pidos de cierto zooplancton mientras que el fitano se encuentra en l3pidos de Archaeobacteria tales como *methanogens* y puede ser abundante en sedimentos anaer3bicos (Volkman *et al.*,1992). El Pristano puede tener origen biol3gico, el Fitano es no-biog3nico con excepci3n de su producci3n por alguna bacteria (Broman *et al.*,1987).

* La relaci3n es cercana a uno en HC derivados del petr3leo (Broman *et al.*, 1987) y se encuentra entre los valores 1,4 a 6,7 en HC biog3nicos (Lecaros *et al.*,1991).

3) HIDROCARBURO MAYOR HM: corresponde a la concentraci3n m3s elevada de n-alceno. C18 (C18 + Fitano): predominante en petr3leos (Clark *et al.*,1973); C15, C17 o C19 para algas marinas (Lytle *et al.*, citado por Colombo *et al.*, 1989); C15, C17, C19 y C21 para macro y microalgas y C23, C25, C27, C29 y C31 para plantas vasculares terrestres (Broman *et al.*,1987; Colombo *et al.*,1989).

4) RELACION DE HIDROCARBUROS DE BAJO PESO MOLECULAR A LOS DE ALTO PESO MOLECULAR:

Σ n-alcenos <20/ Σ n-alcenos >21. Puede ser mayor que 1 para algas, plancton y petr3leo crudo; para bacterias sedimentarias, animales marinos, plantas superiores y sedimentos los valores son menores (Gearing *et al.*,1976).

5) RELACION Σ n-ALCANOS/n-C16:

Σ n-alcenos/n-C16: es >50 para material biog3nico; <15 para petr3leo. En Petr3leos crudos la concentraci3n de n-C16 es similar a n-C15 y n-C17 (Clark *et al.*,1973).

6) "INDICE DE PREFERENCIA POR CARBONO" IPC: $2(C_{27}+C_{29})/C_{26}+(2C_{28})+C_{30}$

(Boehm *et al.*,1986). En HC petrog3nicos es aproximadamente 1; mientras que los de plantas vasculares y sedimentos no contaminados se encuentran entre 3 y 6 (Keizer *et al.* y Giger *et al.*, citados por Colombo *et al.*, 1989).

7) RELACIONES C17/Pristano-C18/Fitano: medida de la presencia de petr3leo y de la biodegradaci3n de n-alcenos.

Valores bajos (< 1) corresponden a petr3leo degradado. Valores altos (>1) corresponden a escasa degradaci3n, en estos casos cuando los niveles de HC resueltos son tambi3n elevados, indican aportes frescos de petr3leo crudo (Colombo *et al.*,1989).

8) RELACION Σ n-alcenos resueltos/MCNR: esta relaci3n con valores bajos indica petr3leo degradado y con valores elevados o sin contribuci3n de MCNR petr3leo crudo fresco.

Mezcla Compleja No Resuelta (MCNR): Comprende una serie de compuestos como cicloalcanos, hidrocarburos ramificados y otros que no pueden ser resueltos por la columna capilar y eluyen como una montaa bajo los n-alcenos. La magnitud de la mezcla compleja no resuelta est3 relacionada con la mayor o menor contribuci3n antropog3nica. Esta contribuci3n antropog3nica puede deberse a contaminaci3n por petr3leo as3 como a la presencia de materia org3nica reciclada de distinto origen (cloacas, aporte de materia org3nica de suelos por lluvias, efluentes, plantas de tratamiento, etc.).

Asociación de índices para evaluar la fuente de hidrocarburos

Según Boehm *et al.* (1986), efectuando el análisis de la fracción de Hidrocarburos Alifáticos por Cromatografía de Gases, la fuente de tales compuestos está definida por los siguientes parámetros principales:

1- HC marinos biogénicos: pristano predominante, alta relación pristano/fitano. Heptadecano como un componente mayor.

2- HC terrígenos biogénicos: predominancia de n-C25, n-C27, n-C29, n-C31 y n-C33 (alcanos impares de alto peso molecular). Relación impar/par entre 2 y 6.

3-HC Diagenéticos: predominancia de n-C25 cicloalquenos.

4- HC Antropogénicos: Presencia de MCNR y distribución de n-alcanos exhibiendo una no preferencia en la relación impar/par.

Según Volkman *et al.* (1992): altas concentraciones de HC totales en sedimentos (>100ppm), presencia de pristano y fitano, distribución compleja, presencia de MCNR, predominancia no impar entre C21 y C35, son parámetros que se corresponden con contaminación de HC derivados del petróleo en sedimentos.

Según Broman *et al.* (1987): relaciones pristano/fitano alrededor de 1, bajos valores de CPI y señal de MCNR están asociados a contaminación por petróleo.

Según Gearing *et al.* (1976): moderada a gran UCM, bajos valores de n-C17/Pristano y n-C18/Fitano, distribución uniforme de n-alcanos de bajo PM con grandes cantidades de n-C16, bajos valores de Σ n-alcanos/C16, falta de preferencia en la relación impar/par en rango de n-alcanos de alto PM indican contaminación por hidrocarburos derivados del petróleo.

Tabla N° 1: Coeficiente de variación, recuperación y límite de detección para los metales analizados

	Zinc	Cobre	Cadmio	Plomo	Mercurio
Coeficiente de variación (%) (promedio)(ppm)	0,77 (20.09)	2,89 (7.4)	3,58 (2.51)	1,88 (31.87)	
Recuperación (%)	104	98	99	113	
Límite de detección (ppm)	0,47	0,64	0,27	1,80	0.05*

* Límite de detección del equipo.

Tabla N° 2: Características físicas de los sedimentos.

Lugar	Estación	Perfil de sedimento (cm)	Granulometría			Materia
			Fino (%)	Arena (%)	Grava (%)	Orgánica* (%)
Loyola	Punta Loyola	0-3	15,2	63,0	21,8	1,89
San Julián	Muelle	0-3	57,7	57,7	42,3	0,75
		3-6	48,1	48,1	51,9	0,69
		6-9	47,3	47,3	52,7	0,84
Puerto Deseado	Isla Chaffer	0-4	2,9	97,1	0	0,43
		4-8	3,0	98,0	0	0,50
	Muelle	0-3	27,6	71,5	0,9	2,62
	Cañadón del Puerto	0-3	7,4	75,4	17,2	1,26
		0-3	12,5	87,5	0,0	1,62
		3-6	16,9	81,5	1,7	1,25
		6-9	11,9	67,1	21,0	1,33
		0-3	8,1	72,1	19,8	0,66
		3-6	8,4	84,3	7,3	0,66
	6-9	16,1	75,9	8,1	0,53	
Isla Quinta	0-3	35,5	64,5	0	1,15	
Caleta Olivia	Muelle	0-3	2,7	97,3	0	0,23
		3-6	2,8	97,2	0	0,33
		6-9	1,0	99,0	0	0,37
Rada Tilly	Playa	0-9	0,3	99,7	0	0,96
Comodoro Rivadavia	Puerto	0-9	0,2	99,8	0	0,82
		9-12	2,3	97,7	0	1,91
	Km 4.	0-3	0,1	27,4	72,5	-
Caleta Córdova	Puerto	0-9	0,1	50,3	49,6	-
Faro Aristizabal		0-3	0,1	29,7	70,3	-
Bahía Camarones	Playa Elola	0-12	0,1	69,0	30,9	0,13
Rawson	Bahía Engaño	0-3	0	0,2	99,8	-
Puerto Madryn	Club Náutico	0-3	0,1	69,8	30,1	-
	Playa sur	0-9	0,1	99,9	0	-
Bahía de San Antonio	Balneario	0-3	7,8	92,2	0	1,67
	Balneario	0-3	3,2	96,8	0	-
	Muelle SAO	0-3	0,8	82,2	17,0	1,15
	Prefectura	0-3	0,7	61,0	38,3	1,46
	Prefectura	0-3	8,2	91,8	0	-
	Puerto SAO	0-3	3,2	87,6	9,2	-
	Puerto SAE	0-3	1,6	81,0	17,4	-
	Canal del Puerto (Oeste)	0-3	42,1	57,9	0,0	-
Caleta Falsa	0-3	0	69,2	30,8	-	
Río Negro	costa sur	0-12	0,1	99,9	0	-
Rio Colorado	costa norte	0-3	1,0	99,0	0	0,53
		3-6	1,6	98,4	0	0,66
		6-9	1,3	98,7	0	-
		9-12	2,0	98,0	0	0,52

* Por oxidación con Didromato de Potasio sobre la fracción fina.

Tabla N° 3: CONCENTRACIONES DE HIDROCARBUROS AROMATICOS TOTALES

LUGAR	ESTACION	NIVEL	PERFIL	HIDROCARBUROS Eq. Petról (ug/g)	MAT.ORG.(*) %
Punta Loyola	Loyola 1	Superior	0-3	7,1	0,8
	Loyola 2	Superior	0-3	6,3	0,8
Punta Quilla	P.Quilla 1	Superior	0-3	ND	0,8
	P.Quilla 2	Superior	0-3	ND	1,0
San Julián	Muelle	Superior	0-3	4,6	3,4
Puerto Deseado	Isla Chaffer	Inferior	0-4	0,3	0,4
			4-8	1,0	0,5
	Bahía Mlle.Nuevo	Superior	0-3	41,6	2,6
	Cañadón del Puerto	Superior	0-3	1,4	1,3
		superior	0-3	7,6	
		Medio	0-3	3,7	1,6
		Medio	0-3	0,4	0,7
		Medio	3-6	0,3	0,7
Caleta Olivia	Isla Quinta	Inferior	0-3	16,8	1,2
	Muelle YPF	Superior	0-3	9,7	2,0
			0-3	8,1	
			3-6	7,4	
Rada Tilly	Puerto Nuevo	Superior	0-3	ND	
	Playa	Superior	0-3	1,3	1,5
			3-6	1,0	
Comodoro Rivadavia	Cem.Com.	Superior	0-3	67,3	2,1
			3-6	58,9	
	Km.4/5	Superior	0-3	20,2	0,8
	Puerto 1	Superior	0-3	49,2	1,7
			3-6	36,9	1,8
	Puerto 2	Superior	0-3	75,7	0,9
Caleta Córdova	Puerto	Superior	0-3	107,8	1,6
			3-6	169,6	
Faro Aristizábal	F.A.1	Superior	0-3	737,6	2,4
	F.A.2	Superior	0-3	1,4	0,9
Bahía Camarones	Playa Elola	Superior	0-3	0,7	
Rawson	Puerto	Superior	0-3	ND	
Puerto Madryn	Pesqueras	Superior	0-3	0,7	1,0
	Muelle Nuevo	Superior	0-3	1,5	1,2
San Antonio Oeste	Balneario	Superior	0-3	16,0	3,6
	Prefectura	Superior	0-3	5,2	0,8
	Muelle	Superior	0-3	25,3	0,8
Río Negro	Costa Sur	Superior	0-3	0,6	0,5
			3-6	0,8	
Río Colorado	Costa Norte	Superior	0-3	0,9	0,8
			3-6	0,5	

(*): Por calcinación a 450°C durante 5 horas.

Tabla N° 4: Concentraciones de n-alcenos, isoprenoides pristano y fitano, mezcla compleja no resuelta y fracción F1 total para muestras de sedimentos. Concentraciones en µg/g (peso seco).

Lugar	Estación	Perfil	n- Alc.res.	MCNR	F1- Total	n-C17	Pristano	n-C18	Fitano	n-C25
Caleta Olivia	Muelle YPF	0 - 3	2,23	8,27	10,5	0,226	0,137	0,28	0,082	0,109
Rada Tilly	Playa	0 - 3	0,06	-----	0,06					
Cro. Rivadavia	Puerto 1	0 - 3	7,28	101,75	109,03	0,638	0,437	0,832	0,485	0,201
	Puerto1	3 - 6	6,43	72,64	79,07	0,563	0,388	0,601	0,376	0,188
	Puerto 2	0 - 3	1,32	57,48	58,8	0,079	0,05	0,083	0,029	0,038
	Km 4/5	0 - 3	5,28	45,71	50,99	0,514	0,305	0,556	0,215	0,233
Caleta Córdova	Puerto	0 - 3	1,83	104,26	106,09	0,137	0,113	0,132	0,09	0,075
	Puerto	3 - 6	3,21	146,55	149,76	0,155	0,148	0,184	0,106	0,148
Faro Aristizábal	F.A. 1	0 - 3	109,23	1194,9 5	1304,1 8	0,407	0,271	1,287	0,203	16,26 2
Rawson	Puerto	0 - 3	ND							
Río Colorado	Costa Norte	0 - 3	0,45	-----	0,45	0,045	0,027	0,11	0,023	0,014

Tabla N°5. Resultado de la aplicación de los índices de evaluación para muestras de sedimentos.

Lugar	Estación	Perfil	HM	%n- alcanos	BPE/APE	Rel.n-C16	IPC	Res/MCN R	C17/Pris .	C18/Fit .	Pris/Fit	Par/Imp
Caleta Olivia	Muelle YPF	0 - 3	n-C16	13,2	1,4	7,6	1,2	0,3	1,7	3,4	1,7	1,23
Cro. Rivadavia	Puerto 1	0 - 3	nC18nC19	11,4	2,4	10,1	1,1	0,07	1,5	1,7	0,9	1,15
	Puerto1	3 - 6	n-C18	9,3	2,6	11,4	0,9	0,09	1,5	1,6	1,0	1,09
	Puerto 2	0 - 3	nC16nC19	8,6	1,4	11,7	1,4	0,02	1,6	2,9	1,7	1,13
	Km 4/5	0 - 3	n-C18	10,5	1,8	9,7	1	0,12	1,7	2,6	1,4	1,02
Caleta Córdoba	Puerto	0 - 3	n-C19	8,0	1	12,9	1,4	0,02	1,2	1,5	1,3	1,03
	Puerto	3 - 6	n-C27	10,3	0,8	18,1	1,5	0,02	1,1	1,7	1,4	1,09
Faro Aristizábal	F.A. 1	0 - 3	n-C23	16,4	0,2	84,9	0,5	0,09	1,5	6,3	1,3	0,98
Río Colorado	Costa Norte	0 - 3	n-C16	27,1	7,2	3,7			1,7	4,8	1,2	3,26

Tabla N° 6: Concentración de metales en las distintas estaciones.

Fecha	Lugar	Estación	Perfil de sedimento (cm)	METALES				
				Zinc (ppm)	Cobre (ppm)	Cadmio (ppm)	Plomo (ppm)	Mercurio (ppm)
Marzo 95	Loyola	Punta Loyola	0-3	15,1	3,4	n.d.	n.d.	n.d.
Marzo 95	San Julián	Muelle	0-3	18,2	2,9	n.d.	n.d.	n.d.
			3-6	17,7	3,4	n.d.	n.d.	n.d.
			6-9	19,1	2,9	n.d.	n.d.	n.d.
Mayo 94	Puerto Deseado	Isla Chaffer	0-4	7,7	2,2	n.d.	n.d.	n.d.
			4-8	7,5	2,2	n.d.	n.d.	n.d.
		Muelle	0-3	16,8	5,8	n.d.	12,5	n.d.
			Cañadón del puerto	0-3	9,5	4,5	n.d.	9,3
		0-3		7,9	2,3	n.d.	n.d.	n.d.
		3-6	8,7	2,8	n.d.	n.d.	n.d.	
		6-9	9,0	3,1	n.d.	n.d.	n.d.	
		0-3	6,9	3,0	n.d.	n.d.	n.d.	
		3-6	11,8	3,6	n.d.	9,9	n.d.	
		6-9	11,3	5,4	n.d.	8,4	n.d.	
0-3	9,0	2,2	n.d.	n.d.	n.d.			
Marzo 95	Caleta Olivia	Muelle	0-3	10,8	1,8	n.d.	n.d.	n.d.
			3-6	12,2	2,9	n.d.	n.d.	n.d.
			6-9	15,0	3,5	n.d.	n.d.	n.d.
Marzo 95	RadaTilly	Playa	0-9	18,5	3,2	n.d.	n.d.	n.d.

Tabla N° 6: Concentración de metales en las distintas estaciones (Cont.).

Fecha	Lugar	Estación	Perfil de sedimento (cm)	METALES					
				Zinc (ppm)	Cobre (ppm)	Cadmio (ppm)	Plomo (ppm)	Mercurio (ppm)	
Marzo 95	Comodoro Rivadavia	Puerto	0-9	130	7,2	n.d.	23,0	n.d.	
			9-12	190	23,8	n.d.	32,0	n.d.	
		Km 4/5	0-3	54,9	4,5	n.d.	n.d.	n.d.	
Marzo 95	Caleta Córdova	Puerto	0-9	53,0	13,0	n.d.	26,0	n.d.	
Marzo 95	Faro Aristizabal		0-3	24,8	3,6	n.d.	14,0	n.d.	
Mayo 96	Bahía Camarones	Playa Elola	0-12	6,8	2,4	n.d.	n.d.	n.d.	
Agosto 95	Rawson	Bahía Engaño	0-3	97,0	20,1	n.d.	23,0	n.d.	
Julio 95	Puerto Madryn	Club Náutico	0-3	26,1	5,9	n.d.	33,0	n.d.	
			Playa sur	0-9	14,8	7,9	n.d.	29,0	n.d.
Dic 94	Bahía de San Antonio	Balneario	0-3	62,0	15,7	n.d.	52,5	n.d.	
Octubre 95			0-3	63,0	18,9	n.d.	57,5	n.d.	
Dic 94			Muelle SAO	0-3	48,8	17,7	n.d.	43,0	n.d.
Dic 94			Prefectura	0-3	354	67,0	n.d.	610	n.d.
Octubre 95			Prefectura	0-3	193	21,4	n.d.	228	n.d.
Octubre 95			Muelle SAO	0-3	101	131	n.d.	244	n.d.
Octubre 95			Puerto SAE	0-3	8690	108	11,2	381	n.d.
Octubre 95			Canal del Puerto (Oeste)	0-3	7300	4750	7,5	14500	n.d.
Octubre 95			Caleta Falsa	0-3	5,3	2,3	n.d.	n.d.	n.d.
Junio 95	Río Negro	costa sur	0-12	11,7	2,8	n.d.	9,0	n.d.	
Junio 95	Rio Colorado	costa norte	0-3	17,1	3,4	n.d.	20,0	n.d.	
			3-6	17,0	7,9	n.d.	13,0	n.d.	
			6-9	20,8	9,0	n.d.	12,0	n.d.	
			9-12	18,4	9,5	n.d.	14,5	n.d.	

Tabla N° 7: Comparación entre la Bahía de San Antonio y el resto de las estaciones de la costa.

Datos estadísticos	Zinc (μg)		Cobre (μg)		Cadmio (μg)		Plomo (μg)	
	zona costera	Bahía S. Antonio	zona costera	Bahía S. Antonio	zona costera	Bahía S. Antonio	zona costera	Bahía S. Antonio
Valores medios	27,7	1868,6	5,5	570,2	0,3	2,3	9,7	1790,9
Desv. estándar	38,6	3292,5	4,9	1478,4		3,9	10,0	4497,2
Valores máximos	190,0	8690,0	23,8	4750,0	0,3	11,2	33,0	14500,0
Valores mínimos	6,8	5,3	1,8	2,3	0,3	0,3	1,8	1,8
Nro. de datos	33	9	33	9	33	9	33	9

Figura 1: Estaciones de muestreo



Figura N° 2: Valores máximos y mínimos de hidrocarburos aromáticos en las estaciones costeras.

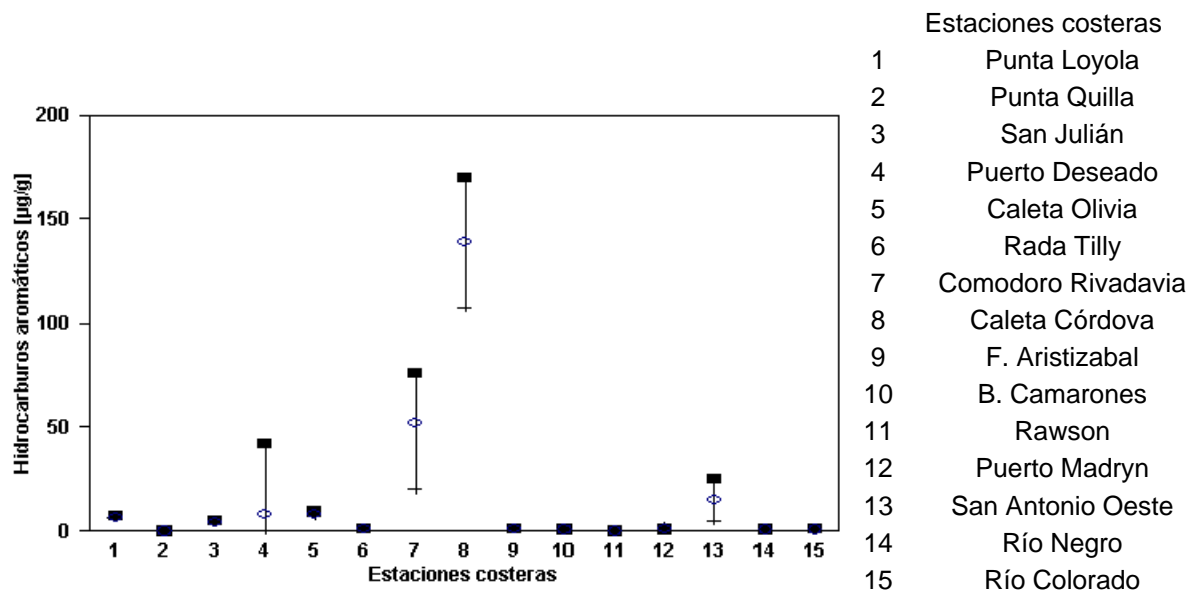


Figura N° 3: Valores observados de hidrocarburos aromáticos en 1989 y 1995.

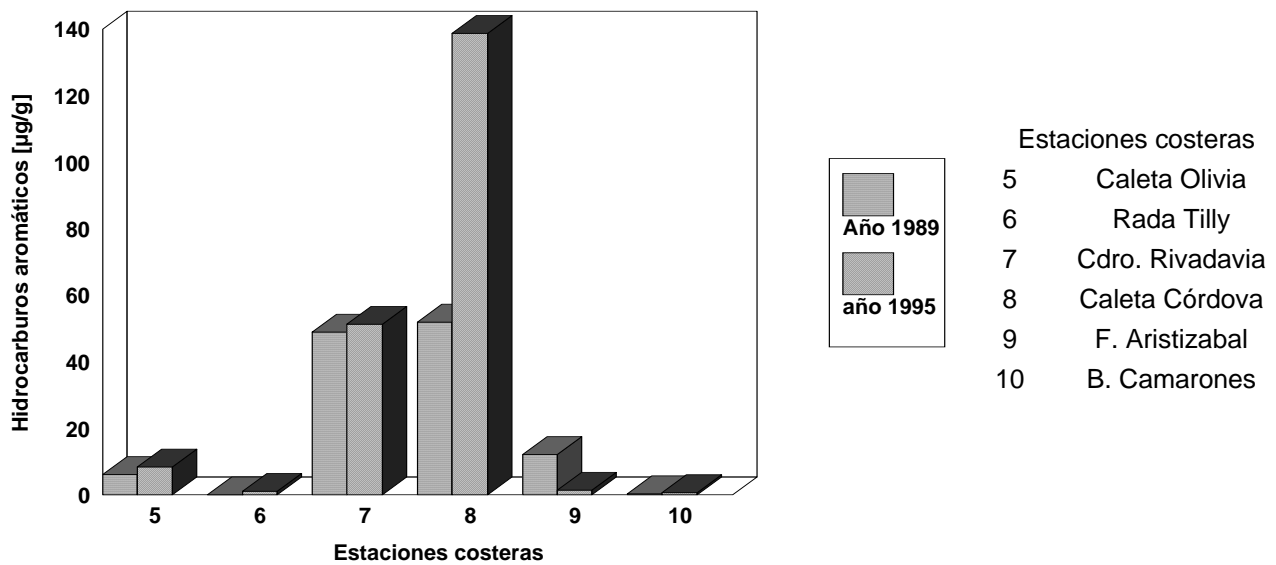
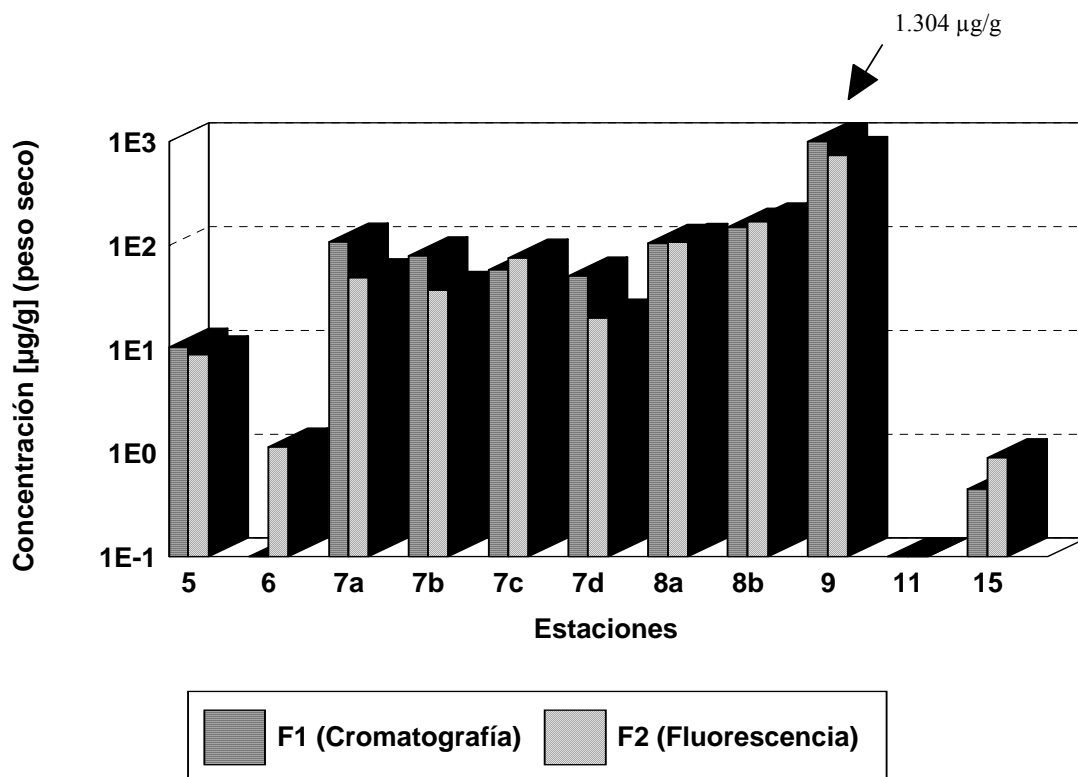


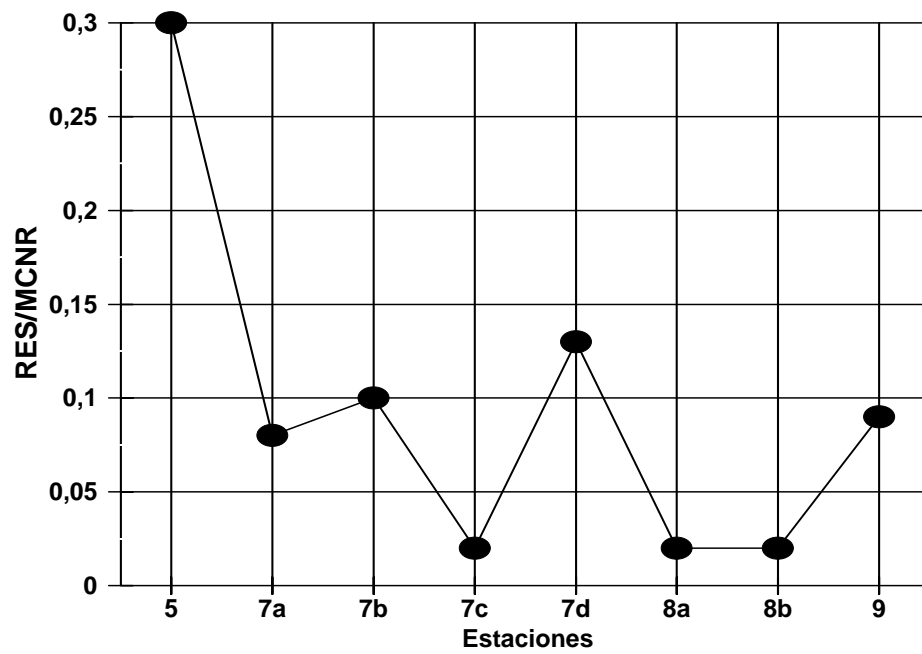
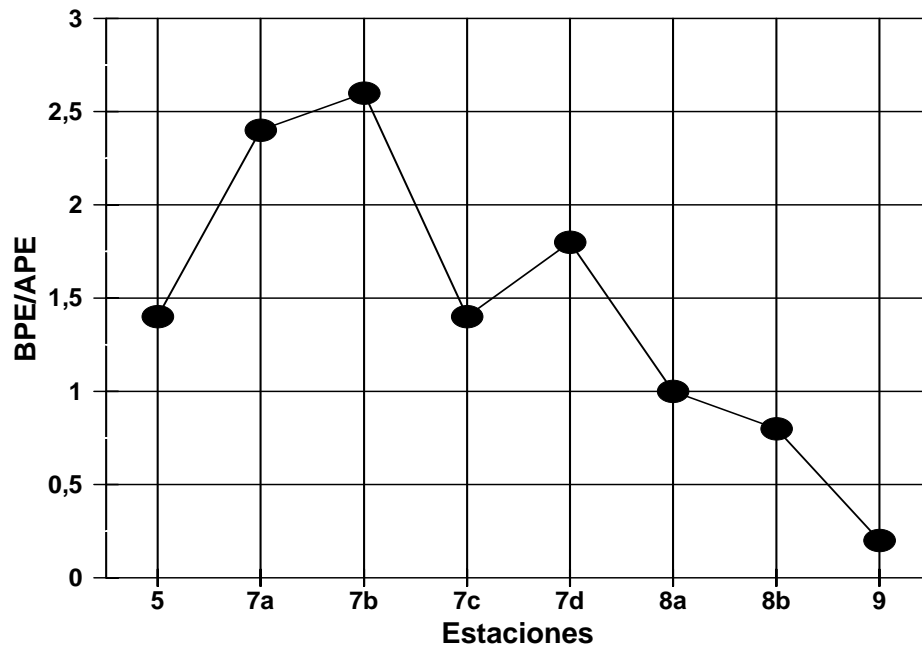
Figura N° 4: Concentraciones totales de hidrocarburos alifáticos (F1) y aromáticos (F2)

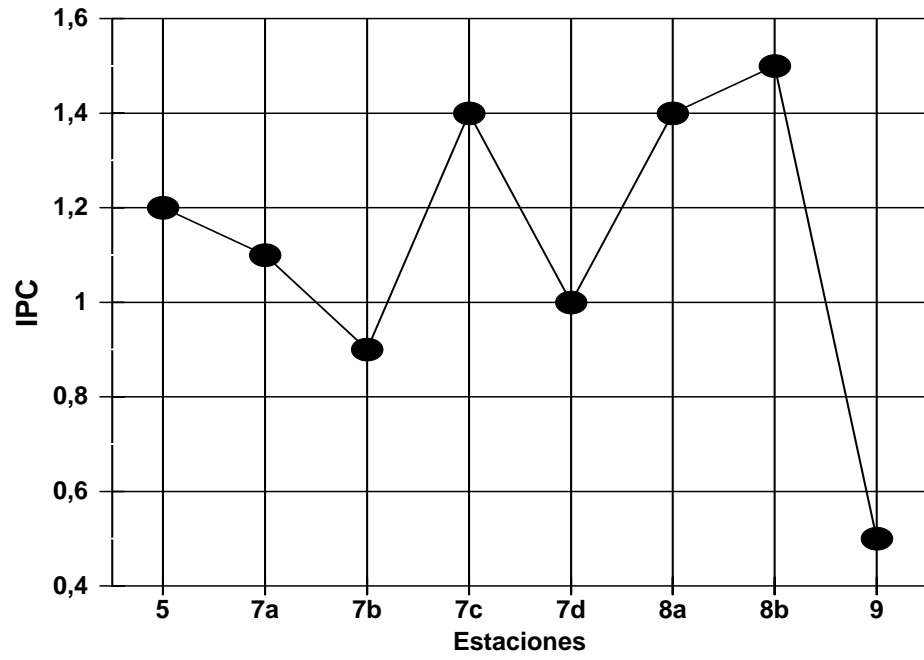
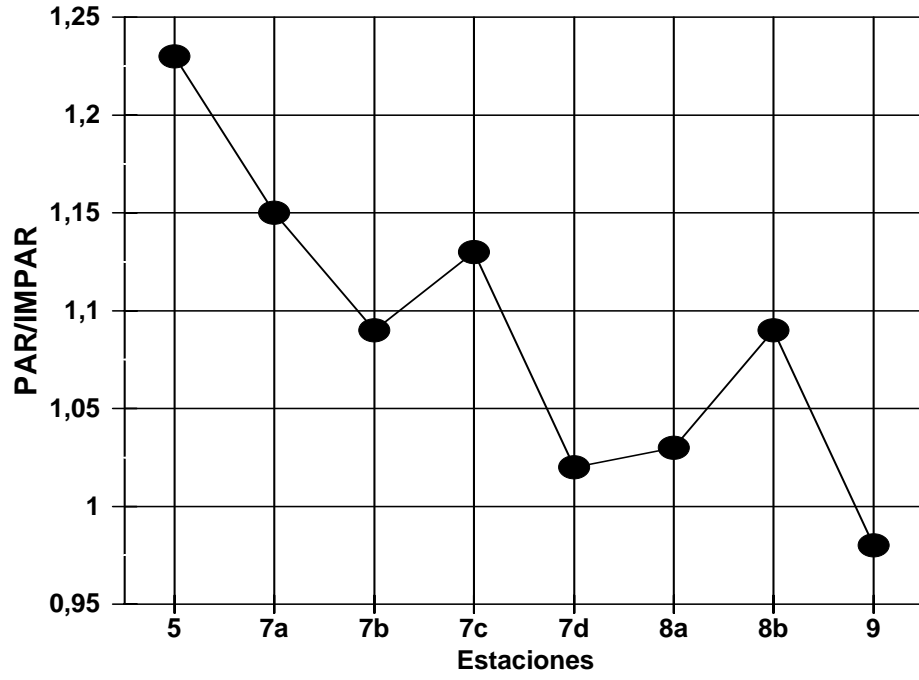


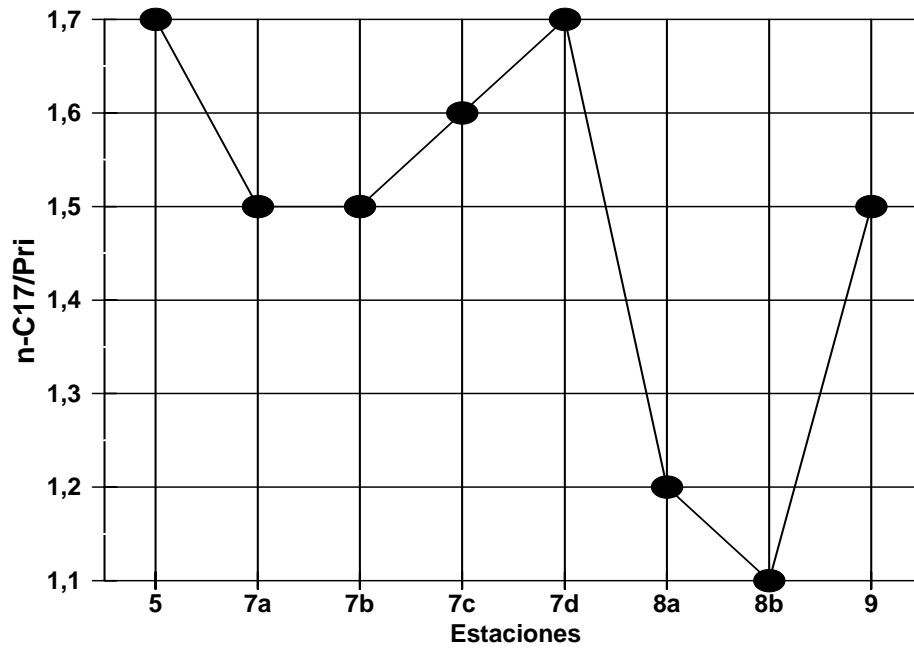
Referencias de estaciones

- 5. Caleta Olivia
- 6. Rada Tilly
- 7a. C. Rivadavia. Puerto 1, perfil 0-3 cm.
- 7b. C. Rivadavia. Puerto 1, perfil 3-6 cm.
- 7c. C. Rivadavia. Puerto 2
- 7d. C. Rivadavia. Km 4/5
- 8a. Caleta Córdova, perfil 0-3 cm.
- 8b. Caleta Córdova, perfil 3-6 cm
- 9. Faro Aristizábal
- 11. Puerto Rawson
- 15. Río Colorado

Figura N° 5: Indices de evaluación en el Golfo San Jorge.



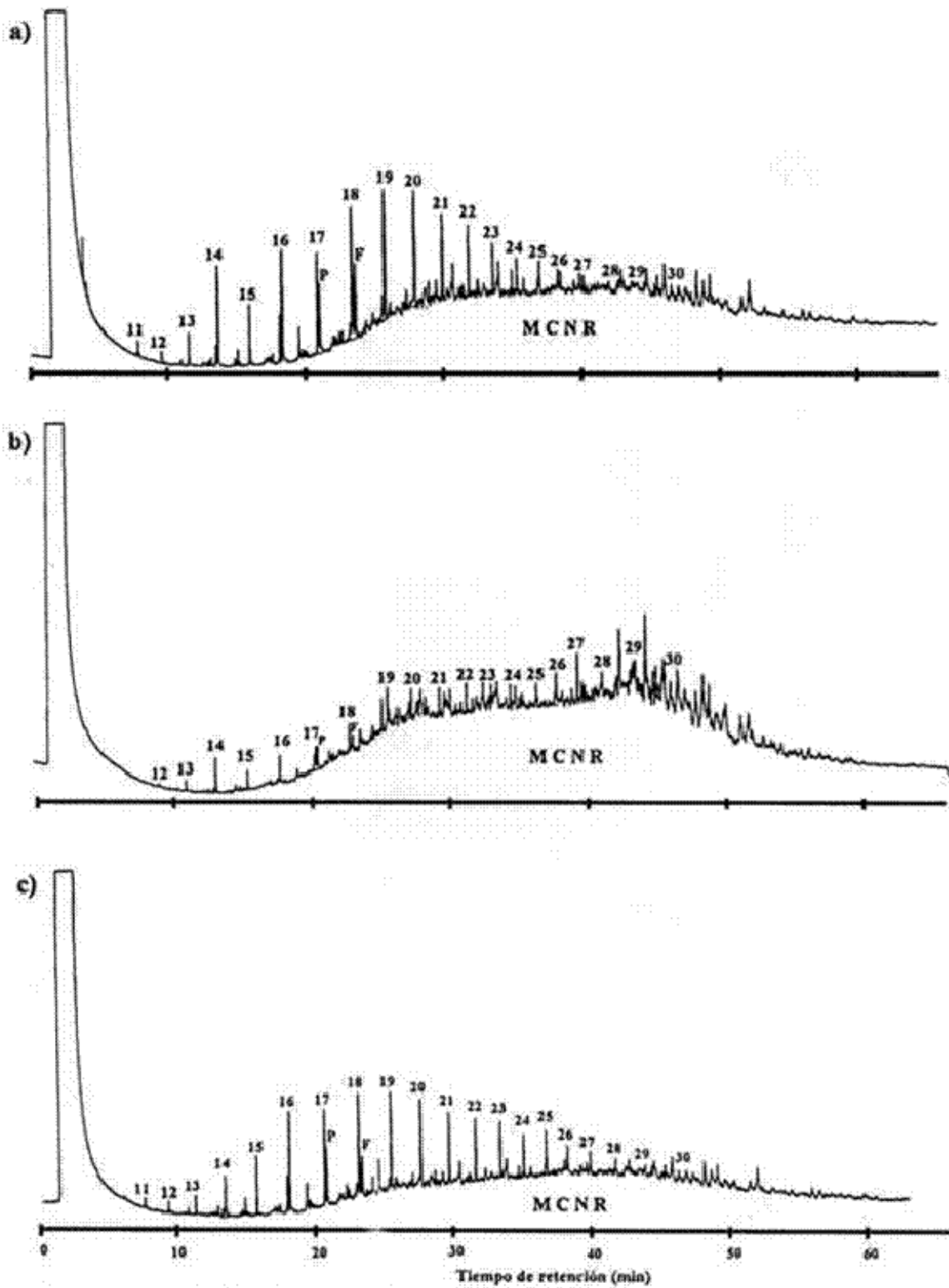




Referencias de estaciones

- 5. Caleta Olivia
- 7a. C. Rivadavia. Puerto 1, perfil 0-3 cm.
- 7b. C. Rivadavia. Puerto 1, perfil 3-6 cm.
- 7c. C. Rivadavia. Puerto 2
- 7d. C. Rivadavia. Km 4/5
- 8a. Caleta Córdova, perfil 0-3 cm.
- 8b. Caleta Córdova, perfil 3-6 cm
- 9. Faro Aristizábal

Figura 6: Cromatograma de algunas estaciones



Cromatograma de gases de la fracción de hidrocarburos alifáticos

a) de la estación Comodoro Rivadavia Puerto 1 (perfil 0-3)

b) de la estación Caleta Córdova (perfil 3-6)

c) de la estación Comodoro Rivadavia Km 4/5 (perfil 0-3)

Figura N° 7: Valores medios de metales y comparación con la Bahía de San Antonio.

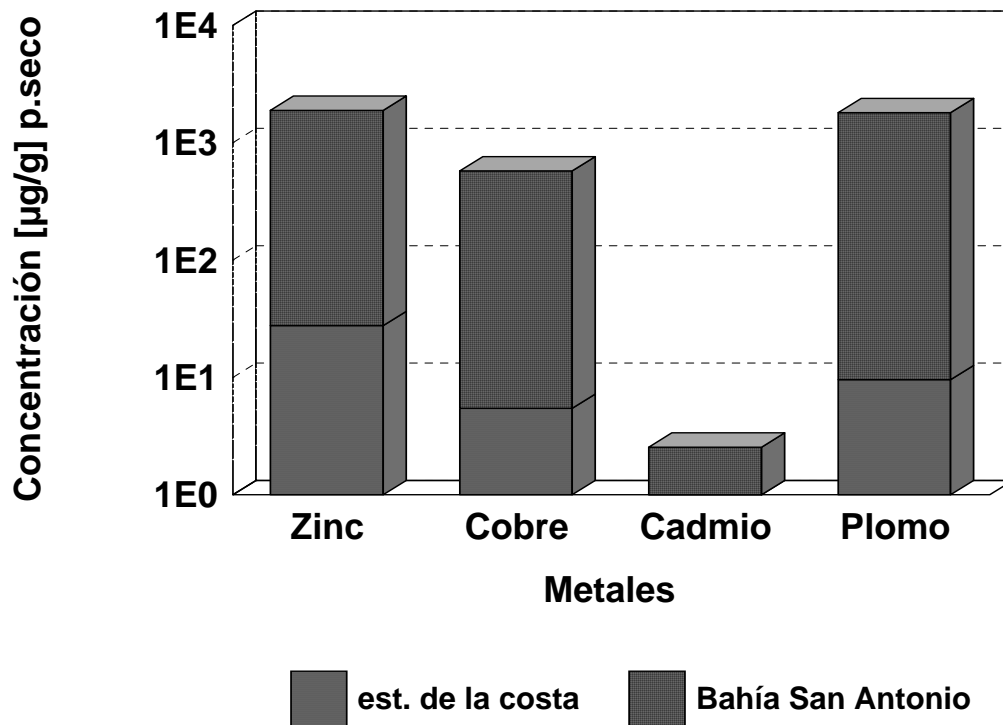


Tabla N° 8: Estación Punta Loyola.

	Temperatura [°C]	Conductividad [mS/cm]	O2 disuelto [%]	O2 disuelto [mg/l]	Salinidad [g/l]
Mínimo	11,8	37,3	96,6	8,5	32,5
Máximo	11,9	37,3	101,6	9,0	32,5
Media	11,8	37,3	98,6	8,7	32,5
Desv. std.	0,0	0,0	1,3	0,1	0,0
Nro. Datos	66	66	66	66	66

Figura 8: Estación Punta Loyola.

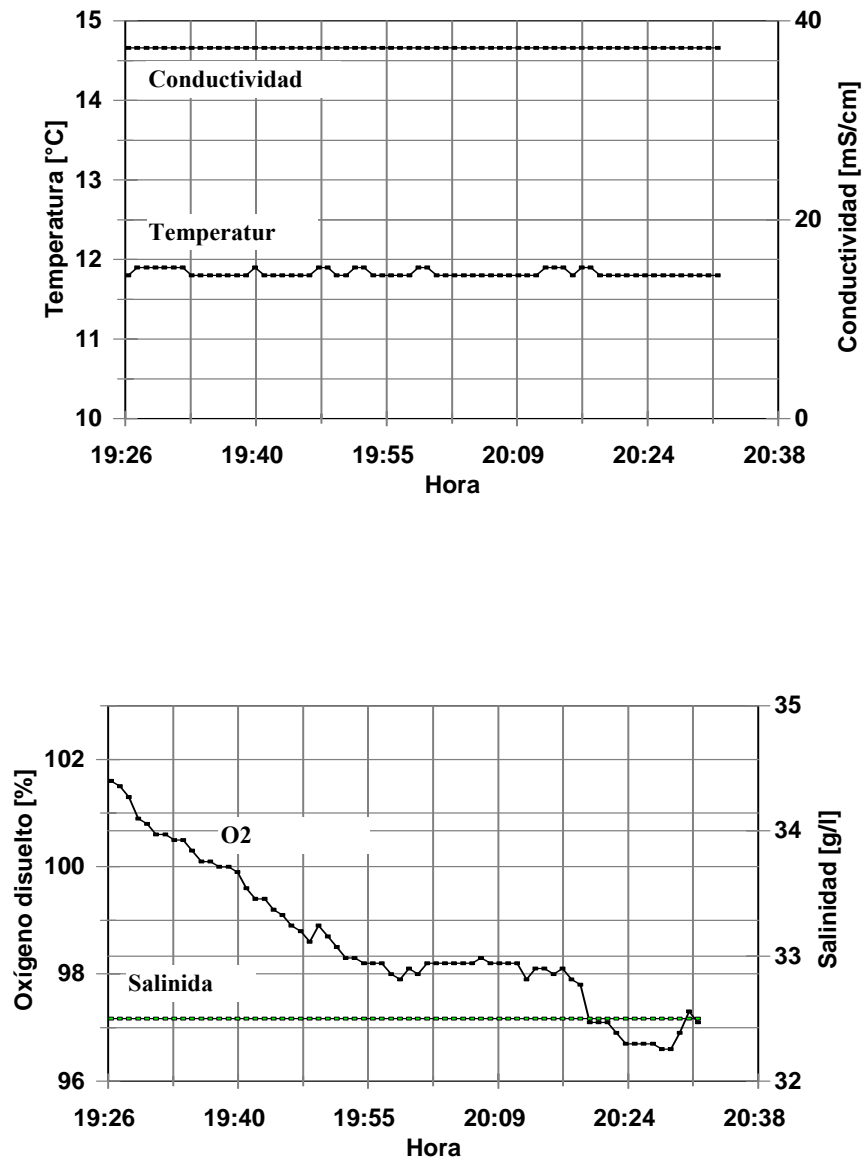


Tabla N° 9: Estación Punta Quilla

	Temperatura [°C]	O2 disuelto [%]	O2 disuelto [mg/l]	Salinidad [g/l]
Mínimo	12,4	100,1	8,9	25,3
Máximo	12,5	101,0	9,2	30,3
Media	12,4	100,4	8,9	29,5
Desv. estandar	0,0	0,2	0,0	0,8
Nro. Datos	59	59	59	59

Figura N° 9: Estación Punta Quilla

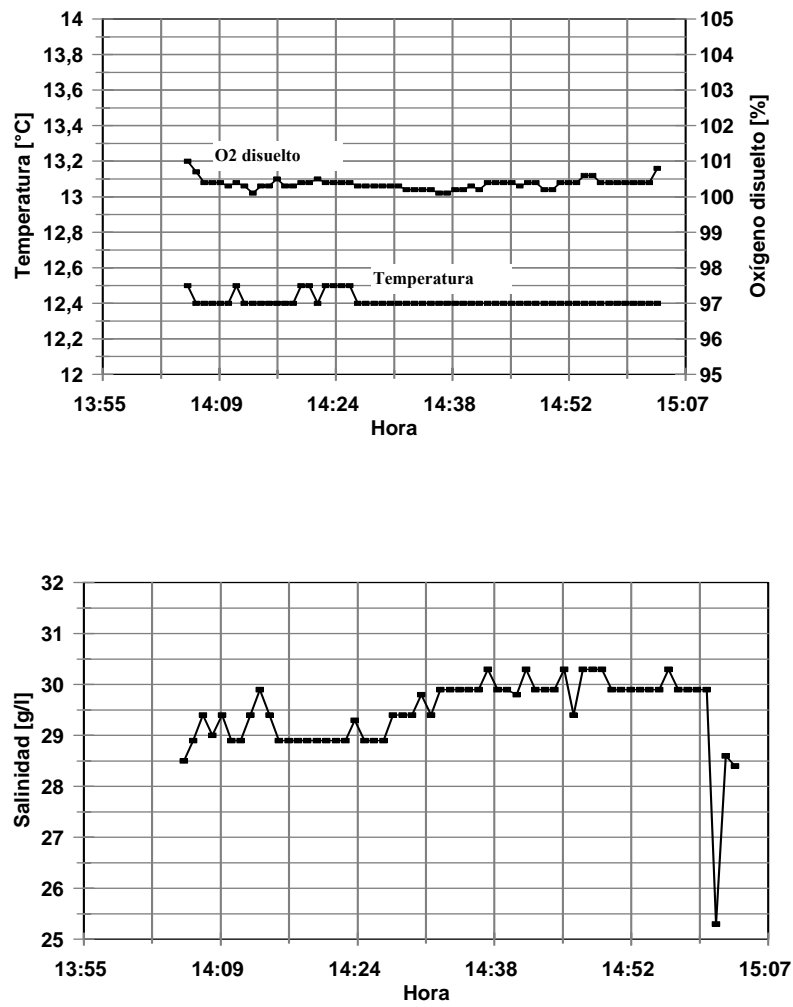


Tabla N° 9: Estación Punta Quilla

	Temperatura [°C]	O2 disuelto [%]	O2 disuelto [mg/l]	Salinidad [g/l]
Mínimo	12,4	100,1	8,9	25,3
Máximo	12,5	101,0	9,2	30,3
Media	12,4	100,4	8,9	29,5
Desv. estandar	0,0	0,2	0,0	0,8
Nro. Datos	59	59	59	59

Figura N° 9: Estación Punta Quilla

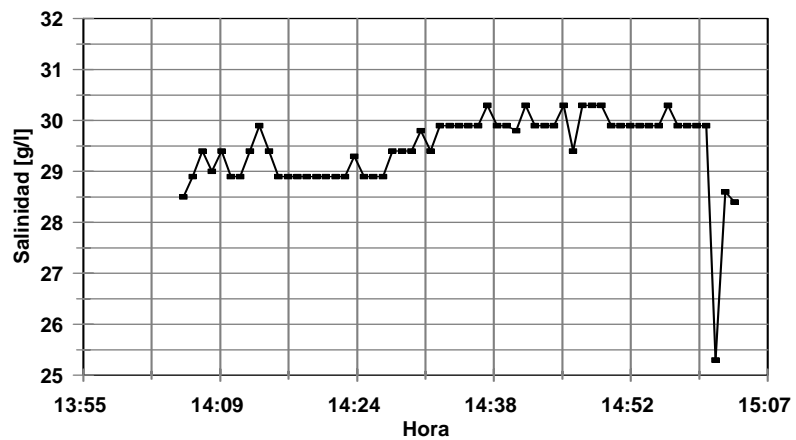
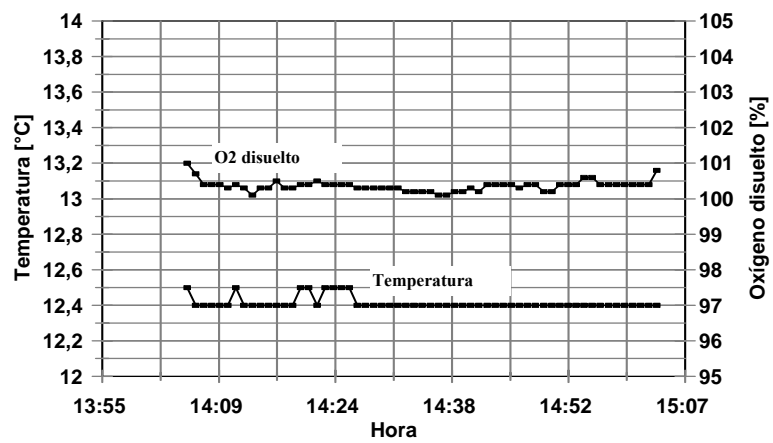


Tabla N° 10: Estación Puerto San Julián

	Temperatura [°C]	O2 disuelto [%]	O2 disuelto [mg/l]	Salinidad [g/l]
Mínimo	12,9	102,1	8,8	32,9
Máximo	12,9	103,5	8,9	32,9
Media	12,9	102,8	8,9	32,9
Desv. std.	0,0	0,3	0,0	0,0
Nro. Datos	49	49	49	49

Figura N° 10: Estación Puerto San Julián

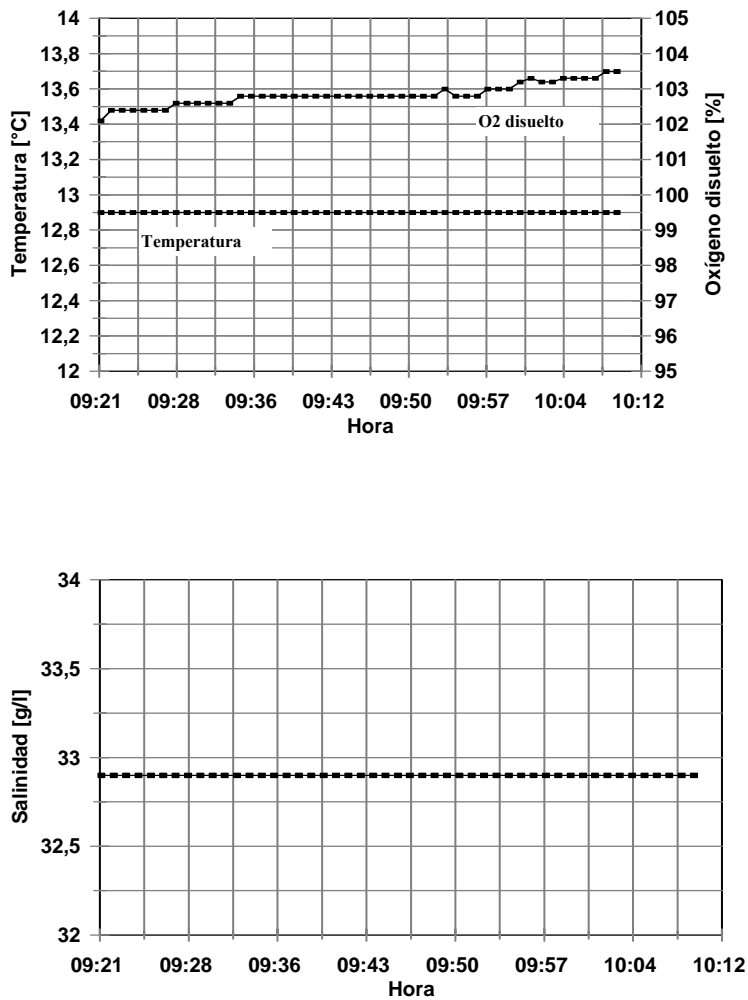


Tabla N° 11: Estación Caleta Olivia

	Temperatura [°C]	O2 disuelto [%]	O2 disuelto [mg/l]	Salinidad [g/l]
Mínimo	14,5	95,2	7,9	33,2
Máximo	14,7	100,8	8,3	33,6
Media	14,5	96,8	8,0	33,5
Desv. std	0,1	1,3	0,1	0,2
Nro. Datos	177	177	177	177

Figura N° 11: Estación Caleta Olivia

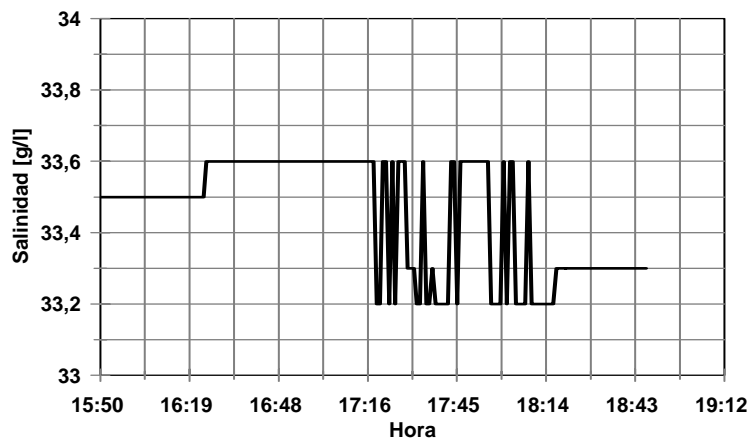
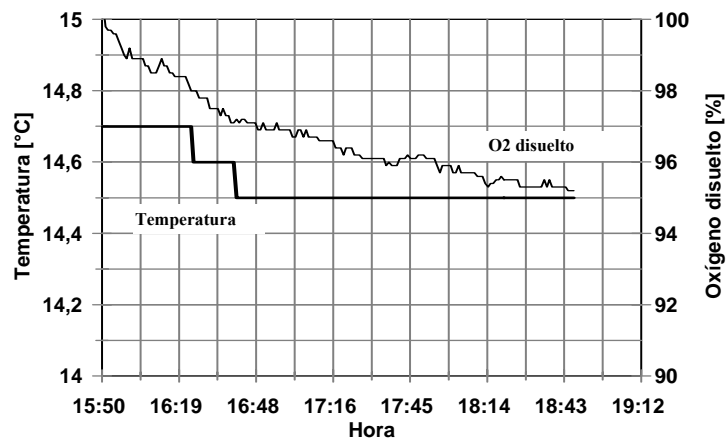


Tabla N° 12: Estación Comodoro Rivadavia (Puerto)

	Temperatura [°C]	O2 disuelto [%]	O2 disuelto [mg/l]	Salinidad [g/l]
Mínimo	14,5	92,6	7,6	33,2
Máximo	15,0	102,1	8,5	33,6
Media	14,8	95,9	7,9	33,4
Desv. std	0,2	1,4	0,1	0,2
Nro. Datos	509	509	509	509

Figura N° 12: Estación Comodoro Rivadavia (Puerto)

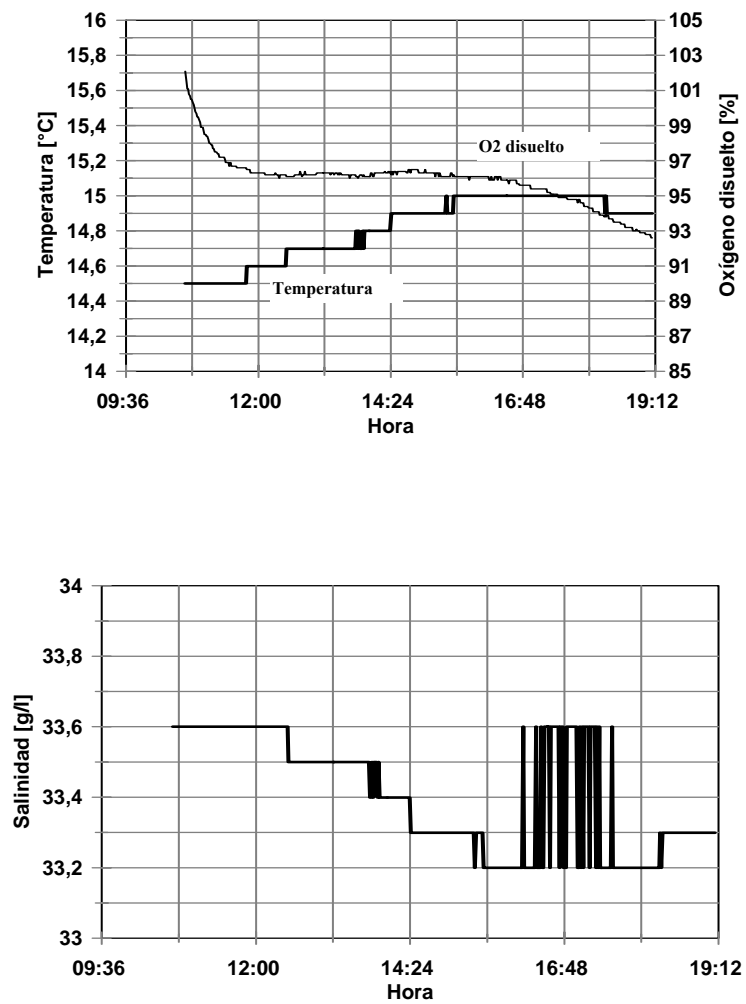


Tabla N° 13: Estación Faro Aristizábal

	Temperatura [°C]	O2 disuelto [%]	O2 disuelto [mg/l]	Salinidad [g/l]
Mínimo	16,9	114,0	9,1	32,5
Máximo	17,9	125,1	9,7	33,6
Media	17,5	119,0	9,3	33,1
Desv. Std.	0,3	2,5	0,2	0,3
Nro. Datos	49	49	49	49

Figura N° 13: Estación Faro Aristizábal

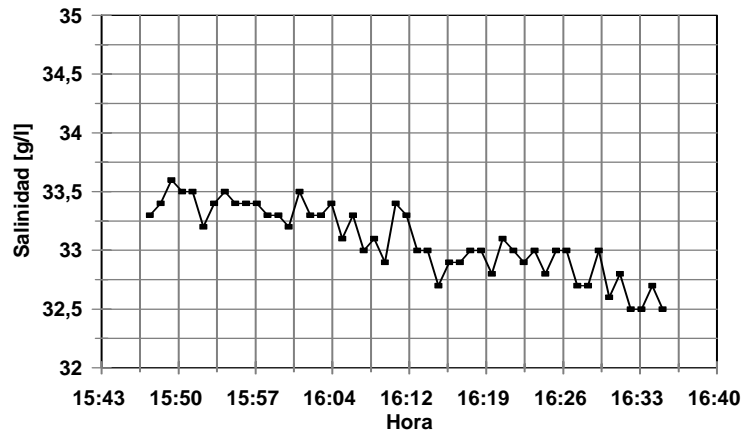
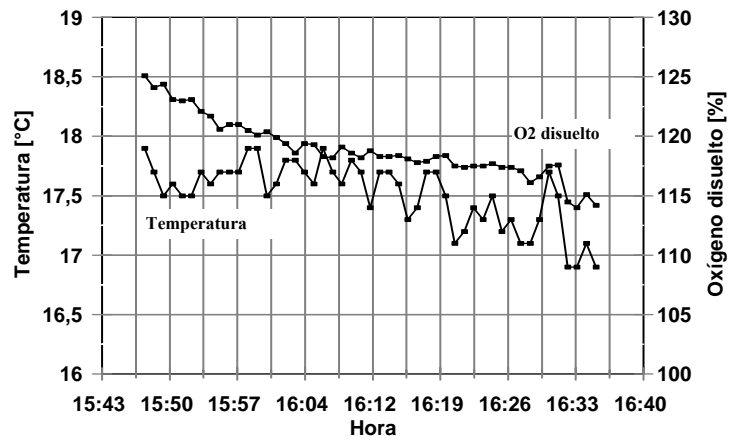


Tabla N° 14: Estación Bahía Camarones

	Temperatura [°C]	Salinidad [g/l]	O2 disuelto [mg/l]	O2 disuelto [%]
Mínimo	11,7	33,8	8,5	96,4
Máximo	12,0	34,1	9,9	113,1
Media	11,9	33,9	9,2	104,9
Desv. std.	0,1	0,1	0,4	4,2
Nro. Datos	330	330	330	330

Figura N° 14: Estación Bahía Camarones

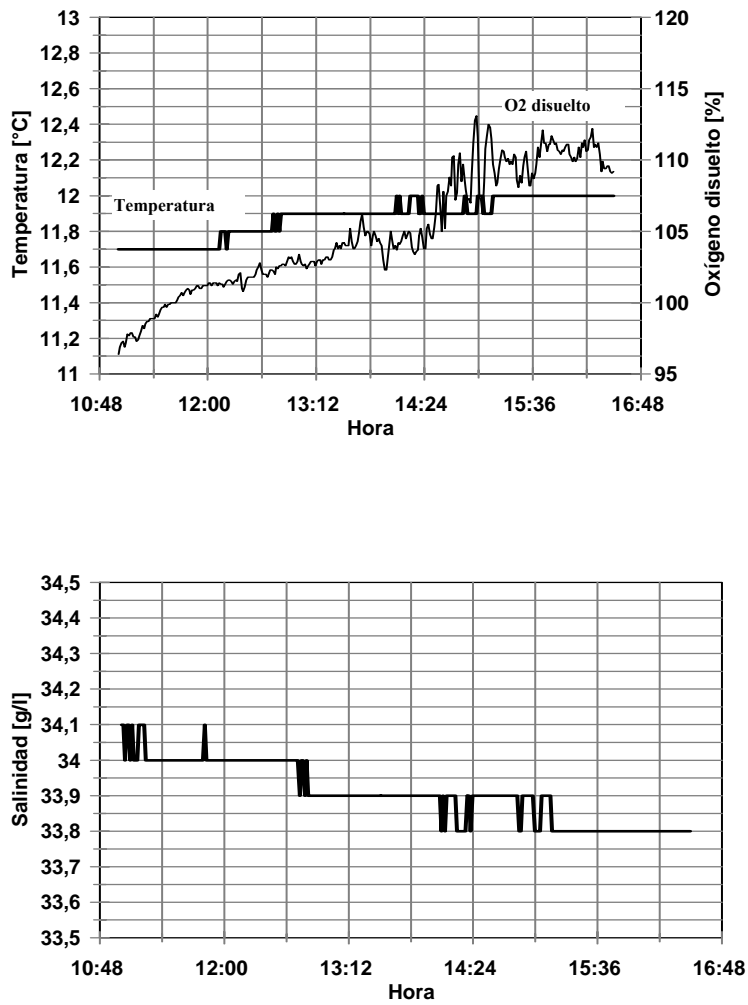


Tabla N° 15: Estación Bahía Engaño (Puerto Rawson)

	Temperatura [°C]	Salinidad [g/l]	O2 disuelto [%]	O2 disuelto [mg/l]	Conductividad [μS/cm]
Mínimo	3,9	0,2	92,1	12,0	278,0
Máximo	4,5	1,8	97,4	12,6	2048,0
Media	4,2	0,6	93,7	12,2	749,0
Desv. std.	0,2	0,2	1,0	0,1	245,8
Nro. Datos	281	281	281	281	281

Figura N° 15: Estación Bahía Engaño (Puerto Rawson)

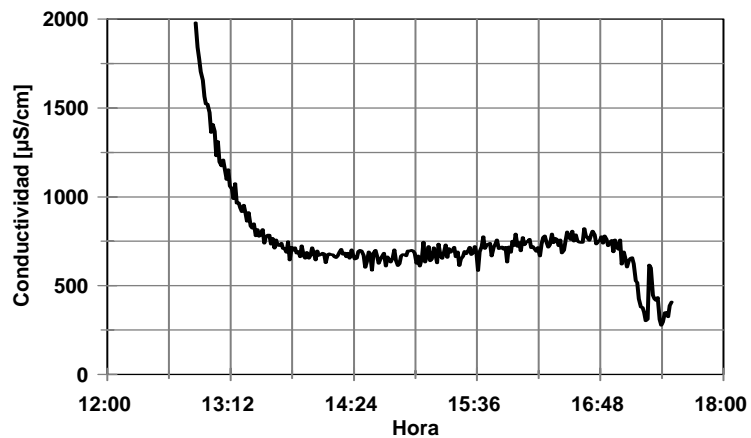
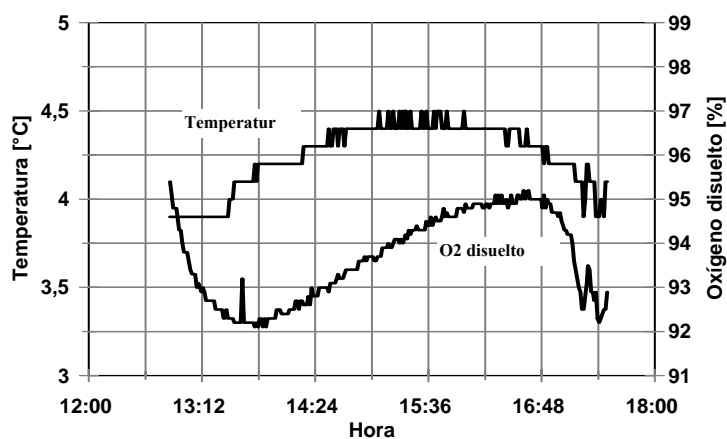


Tabla N° 16: Estación Río Negro.

	Temperatura [°C]	Cond.Esp. [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	Salinidad [g/l]	O2 disuelto [%]	O2 disuelto [mg/l]
Mínimo	7,3	8,0	0,0	99,7	10,8
Máximo	9,8	20337,0	12,1	107,3	12,5
Media	8,1	3529,7	2,0	102,1	11,9
Desv. Std.	0,6	5429,2	3,2	1,5	0,3
Nro. Datos	1441	1441	1441	1441	1441

Figura N° 16: Estación Río Negro.

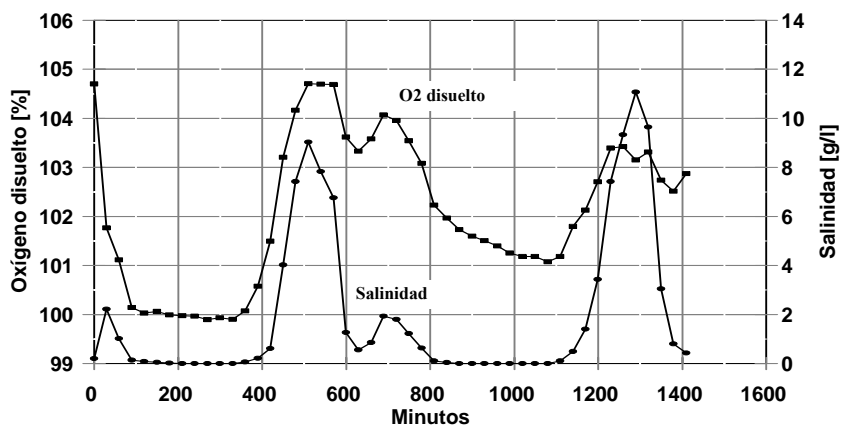
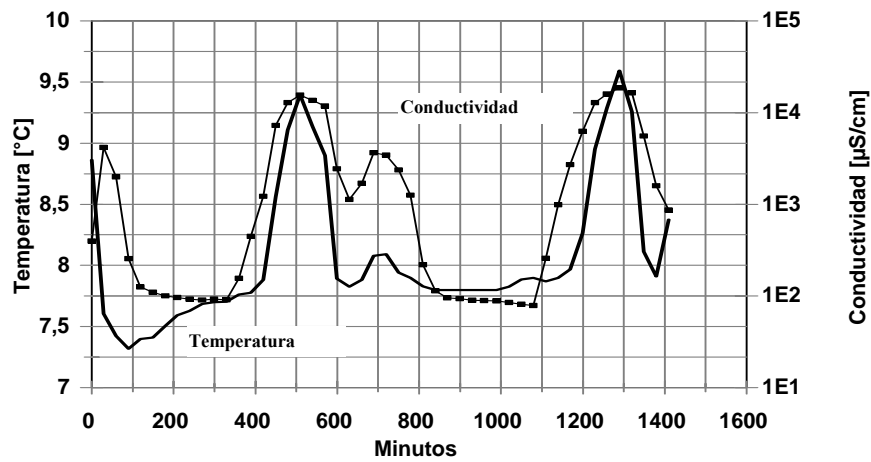


Tabla N° 17: Estación Río Colorado

	Temperatura [°C]	Conductivida d [mS/cm]	O2 disuelto [%]	O2 disuelto [mg/l]	Salinidad [g/l]
Mínimo	8.4	441,0	88.4	10.4	0.2
Máximo	8.9	470,0	109.7	12.9	0.2
Media	8.7	450,0	99.6	11.6	0.2
Desv. estandar	0.2	5,0	4.6	0.5	0.0
Nro. Datos	897	897	897	897	897

