

## **EVALUACION PRELIMINAR DE LA CONTAMINACION EN LA ZONA COSTERA DE LA PROVINCIA DE TIERRA DEL FUEGO.**

**Esteves José Luis<sup>(1,2)</sup>, Oscar Amín<sup>(2,3)</sup>, Marta Commendatore<sup>(1)</sup>, Mónica Gil<sup>(1)</sup> y Miriam Solís<sup>(1)</sup>.**

(1) Centro Nacional Patagónico (CONICET). Bv. Brown 3.000. (9120) Puerto Madryn; (2) Fundación Patagonia Natural. Marcos A. Zar 60 (9120) Puerto Madryn; (3) Centro Austral de Investigaciones Científicas y Técnicas (CADIC-CONICET). C.C. 92 (9410) Ushuaia. Tierra del Fuego.

### **RESUMEN**

Este trabajo ha sido realizado en el marco del Programa de Implementación y Consolidación del Plan de Manejo de la Zona Costera Patagónica (PMZCP), un proyecto financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (G.E.F.) a través del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (U.N.D.P.) y ejecutado por la Oficina de las Naciones Unidas para el Servicio de Proyectos (U.N.O.P.S.) e implementado por Fundación Patagonia Natural (FPN). En este trabajo se analiza la zona costera de la Provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur desde el punto de vista de la concentración de metales pesados e hidrocarburos, así como algunas variables ambientales de la ciudad de Río Grande. En esta Ciudad se han realizado estaciones en mayor número que en el resto de la costa con el fin de conocer su situación ambiental. Se ha realizado un muestreo en ocho estaciones de la Isla de los Estados, en Marzo de 2003 con el Buque rompehielos "Ushuaia". Se incluyen las recomendaciones más importantes que surgen de estos estudios. Las bahías de Ushuaia, Golondrina y Encerrada han sido motivo de un informe técnico particular realizado por los mismos autores, por lo que no se exponen aquí los resultados específicos para esta zona.

Fuera de los impactos previstos por influencia de las ciudades citadas, el Canal Beagle,

la Península Mitre, la zona sur de la costa atlántica de la Isla Grande y la Isla de los Estados, no presentaron impactos antrópicos notables, por lo que la información ambiental podría constituir una línea de base de contaminantes. No así la zona norte de la costa atlántica de la Provincia, en donde la explotación petrolera es la actividad industrial más importante y – aunque los valores muestran zonas sin contaminación – pueden

haberse generado eventos de contaminación puntuales o dispersos.

## INTRODUCCIÓN

La Provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur cuenta con sólo dos asentamientos urbanos importantes en la zona costera, Río Grande sobre la costa del Océano Atlántico y Ushuaia sobre la costa del Canal Beagle. En esta última ciudad, existe un puerto con tránsito marítimo creciente y una terminal de carga y descarga de combustible refinado. Los buques pesqueros, mercantes, de turismo y rompehielos en viajes antárticos, completan el panorama sobre los impactos posibles sobre el entorno marino. Sobre la costa atlántica, las plataformas de explotación de petróleo, generan una cantidad de residuos de hidrocarburos que, volcados al mar de manera voluntaria o involuntaria, terminarán afectando el ecosistema marino. La Provincia ha experimentado un crecimiento explosivo de población en los últimos años. Si tomamos en cuenta los últimos 30 años registrados (1960-1991), se verifica un incremento del 770% pasando de 7.955 a 69.227 habitantes (Tabla 1). El último registro poblacional (año 2001) permite suponer que el ritmo de crecimiento – aunque con ciertas variaciones en los porcentajes

-está mantenido.

**Tabla 1: Población de la Provincia (Fuente: Dirección Provincial de Estadísticas y Censos)**

<b>Años</b>	<b>Población</b>	<b>Incremento respecto al año anterior (%)</b>
<b>1947</b>	5.029	
<b>1960</b>	7.955	58,2
<b>1970</b>	13.431	68,8
<b>1980</b>	27.355	103,7
<b>1991</b>	69.227	153,0
<b>2001</b>	101.187	46,2

Si se realiza un análisis por departamentos, la tendencia en la distribución del porcentaje de población entre los dos departamentos resulta relativamente uniforme a lo largo de los años (tabla 2).

**Tabla 2: Población por departamentos y porcentaje relativo del total (Fuente: Dirección Provincial de Estadísticas y Censos)**

Años	USHUAIA (% población del total)	RIO GRANDE (% población del total)
1960	3.891 (48,9)	4.064 (51,1)
1970	5.677 (42,2)	7.754 (57,8)
1980	11.443 (41,8)	15.915 (58,2)
1991	29.411 (42,5)	39.816 (57,5)
2001	45.785 (45,25)	55.402 (54,75)

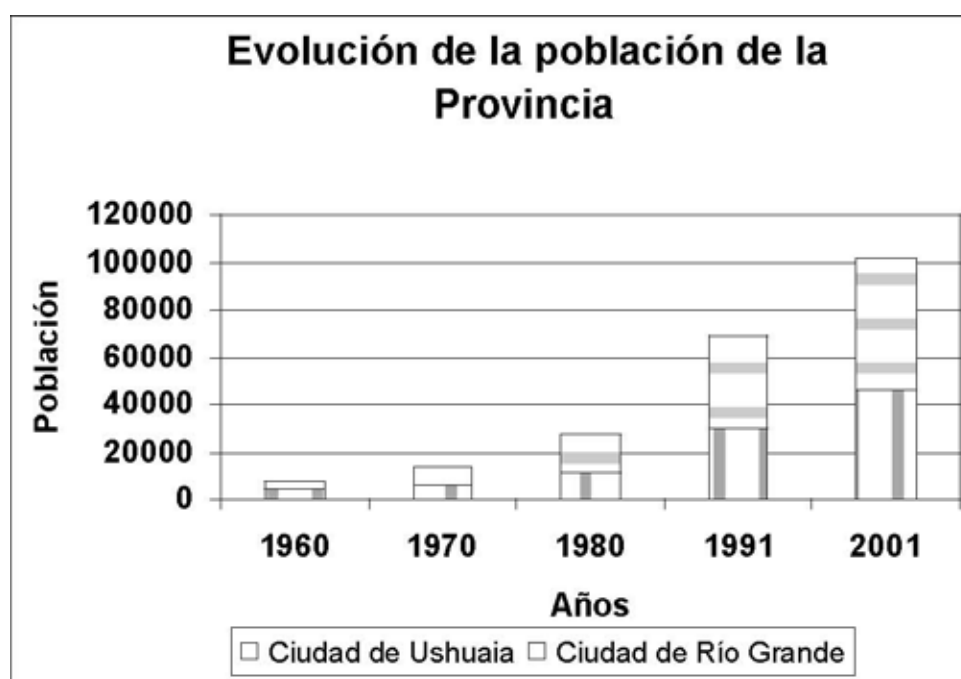


Figura 1. Evolución de la Población entre 1960 y 2001.

Resumiendo la información de las tablas 1 y 2 y de la figura superior, en los últimos 10 años de registro (período 1991 –2001) el incremento poblacional en la Provincia fue de 46,2 % mientras que para las ciudades de Río Grande y Ushuaia fueron de 38,5 % y 55,7 % respectivamente.

Sin duda la razón más importante de esta inmigración ha sido la promulgación de la ley de promoción industrial en la región (Ley Nac. 19640), la cual trajo como consecuencia la instalación de un polo industrial de gran desarrollo especialmente en el sector Norte de la Isla, el cual ha ido paulatinamente decreciendo en la última década.

Si bien Ushuaia recibió un número de industrias, este fue algo menor al de

Río Grande y a partir de la reconversión económica de la década del 90 consecuente con el entorno geográfico, se dio prioridad a las actividades basadas en el perfil turístico para el sector Sur.

El puerto de Ushuaia al ser el único en la Isla también cobró un desarrollo significativo, con un crecimiento sostenido en los últimos 12 años (Tabla 3 y figura 2).

Tabla 3: Entradas clasificadas por tipo de buque (Fuente: Prefectura Naval y Dirección Provincial de Puertos)

Tipo / Año	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
PASAJE	25	78	76	75	81	133	138	132	153	152	186	173
PESCA	38	40	53	72	59	106	100	73	58	64	70	52
CARGA	30	27	62	65	97	61	77	87	96	75	86	94
REFRIGERADOS	12	26	30	38	28	32	36	35	32	27	29	19
MILITAR						3	13	16	17	5	19	9
CIENTIFICO						5	2	5	6	6	8	16
APOYO						26	3	6	4			1
TANQUE	8	20	21	27	17			2	6	9	14	9
OTROS								3	5	6	9	7
<b>TOTAL</b>	<b>113</b>	<b>191</b>	<b>242</b>	<b>277</b>	<b>282</b>	<b>396</b>	<b>369</b>	<b>359</b>	<b>377</b>	<b>344</b>	<b>421</b>	<b>380</b>

Puede observarse que entre las actividades marítimas que han incrementado su número de manera más notable, figuran los cruceros de turismo con valores medios del orden de los 150 buques en los últimos años. El ingreso de los buques pesqueros y los de carga tuvieron un incremento en los primeros años de la década del 1990 y luego para los de carga el valor se ha estabilizado, mientras que para los de pesca ha disminuido ligeramente. El número de buques refrigerados se ha mantenido. Finalmente, otro de los rubros interesantes en los últimos años de la década, corresponde a buques científicos, que recalán en Ushuaia durante sus campañas antárticas.

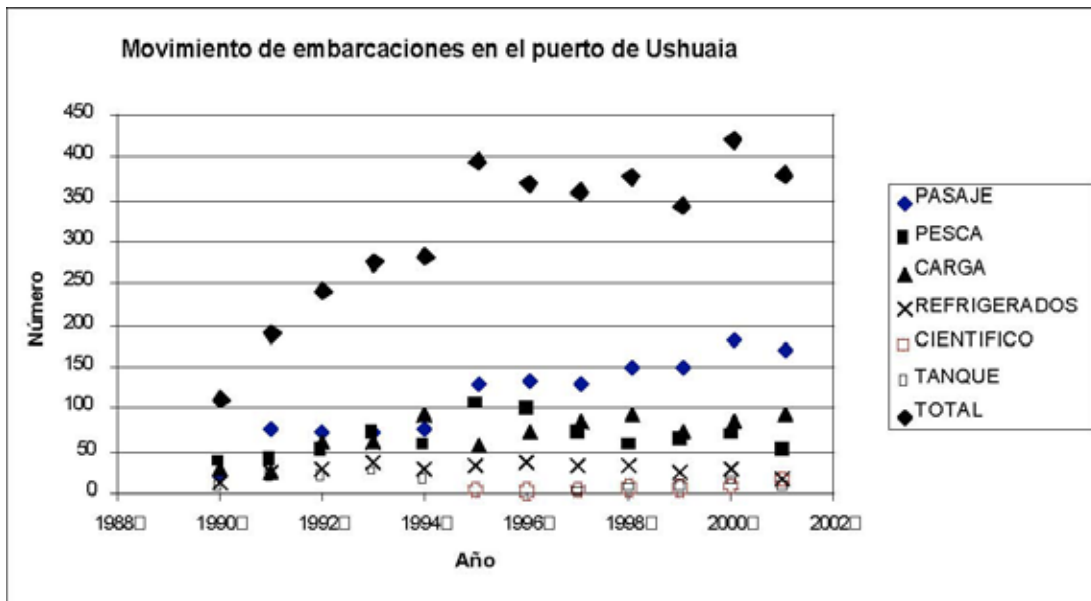


Figura 2. Movimiento de buques en el Puerto de Ushuaia.

Para el caso de la ciudad de Ushuaia, la instalación de servicios no respondió a la demanda que este incremento poblacional requería, en especial en lo que concierne específicamente al tratamiento de aguas servidas y cloacales, los drenajes pluviales y los efluentes industriales que desde entonces y hasta la actualidad son vertidos a la bahía de Ushuaia sin tratamiento alguno. La gran mayoría de las descargas se ubican en la línea costera adyacente a la ciudad, mientras que el dispersor cloacal ubicado sobre la península Ushuaia funciona como un sumidero que colecta descargas desde una red principal que se encuentra sobre la línea costera y de redes secundarias que provienen del sector Sudoeste de la Ciudad (Esteves y Amín, 2004).

En la zona norte de la costa Atlántica de la Isla Grande de Tierra del Fuego se realizan actividades de extracción, carga y transporte de hidrocarburos derivados del petróleo, siendo éstas de gran relevancia económica tanto local como regional. En la bahía San Sebastián se efectúa extracción y transporte de petróleo crudo. Varias plataformas costa afuera (off-shore) se encuentran ubicadas en la boca oriental del Estrecho de Magallanes. Luego de su extracción y almacenamiento en tierra, los hidrocarburos provenientes de pozos ubicados en el

continente, son cargados para su traslado a refinerías mediante una boya ubicada costa afuera. Por otro lado, la actividad petrolera es intensa en el Estrecho de Magallanes por parte de la República de Chile.

Para el caso de la Ciudad de Río Grande, esta cuenta con un sistema cloacal que abastece a menos del 50% de la población, una planta de tratamiento primario y un emisario cloacal que drena los líquidos al mar abierto. La influencia de la marea y de las corrientes es vital para la dispersión de contaminantes generados en una ciudad. De acuerdo a los datos del Servicio de Hidrografía Naval, la marea presenta aquí amplitudes máximas y mínimas de 8,6 y 5,4 m respectivamente (SHN, 2001). Los vientos son intensos, con velocidades medias del orden de los 24 km/h con predominancia del cuadrante Oeste y Suroeste en Río Grande, con un 12% de días de calma (Quirós et al., 1993). El índice de precipitación que se registra en esta zona es de 400 mm/año aproximadamente, pero existe una elevada tasa de evaporación por acción del viento.

El Canal Beagle es un antiguo valle glaciar con dirección Este-Oeste entre la Isla Grande de Tierra del Fuego al Norte y la isla Navarino y otras islas del archipiélago al Sur. Su extensión es de 180 km en sentido transversal al eje del continente pero en sentido longitudinal respecto a las líneas orográficas. Su ancho varía entre 4060 metros en su sector mas angosto (frente al paredón Almanza) hasta 6030 m en la boca oriental y un máximo de 14.400 m en la bahía Ushuaia (Daus, 1978). El perfil del cauce del canal es un típico valle en "U" con paredes verticales, fondo chato, y profundidades que van creciendo hacia el Oeste alcanzando los 380 metros en el brazo noroeste. Sin embargo en algunos sectores se registra una notable merma de la profundidad como en el caso de las Bahías y en la zona de la Isla Gable, donde se observan acumulaciones de material de morenas (Daus, 1978). La corriente residual o permanente del canal Beagle alcanza velocidades superiores a los 7 cm/seg, llegando hasta 13 cm/seg, con sentido Oeste Este. En el área que comprende la Bahía Ushuaia presenta características particulares, con un desplazamiento en sentido elíptico anti-horario,

con velocidades de 5,5 a 16,3 cm/s, mientras que en el área de Bahía Golondrina de menor superficie y profundidad que la anterior, presenta una corriente de igual sentido que los vientos predominantes (SSO-NNE) de 0,6 cm/s (Balestrini, 1990). La temperatura media anual de las aguas del Canal con valores promedio de 6,8 °C supera en al menos 1°C a las del ambiente. Por este motivo puede hablarse de un flujo positivo de calor desde el mar hacia el aire, especialmente importante en la temporada invernal, donde la temperatura media mensual del agua es de 3 °C superior a la del aire, aunque pudiéndose observar diariamente diferencias mucho mas significativas (Iturraspe et al., 1989). Con respecto a la salinidad se alcanzan valores máximos durante el invierno (31 a 31,5 g/l), disminuyendo en primavera y verano, períodos en que se observa mayor variabilidad, principalmente en sectores próximos a la costa en donde el efecto del deshielo es mas notorio Se han registrado mínimos extraordinarios en la costa de Bahía Ushuaia durante la primavera de 1972 de 23 g/l (Iturraspe et al., 1989).

La isla de los Estados es una isla ubicada a 75 km al este de la Isla Grande de Tierra del Fuego. Está ubicada entre los 54° 40' y 54° 54' de latitud Sur y entre los meridianos 63° 47' y 64° 46' de longitud Oeste. La parte más ancha mide 16 kilómetros y la más estrecha unos 500 metros. Su superficie (incluida la de las islas adyacentes) es de unos 530 km<sup>2</sup>. Tiene 300 km de línea de costa, que está formada por bahías y fiordos, con acantilados que caen abruptamente sobre el mar, aunque también pueden encontrarse algunas playas de canto rodado y de arena. El centro de la isla está atravesado por dos hileras de montañas rocosas, pertenecientes a la cordillera de los Andes. El clima es muy húmedo, ventoso y frío, aunque con temperaturas medias algo mayores que las de Tierra del Fuego. El régimen de escurrimiento es pluvionival (precipitación anual > 2000mm, Parera et al., 1997), con carencia de aportes glaciares. Los vientos antárticos barren la isla, siendo los del cuadrante Sudoeste los más violentos con velocidades que llegan a superar los 160 kilómetros por hora. Como en la Isla Grande, la presencia de turberas es una característica en muchos valles de la Isla. La actividad humana dentro de la Isla es despreciable, contándose sólo algunos turistas, guardafaros y

científicos.

## **INFORMACION DE BASE EN ESTUDIOS DE CONTAMINACION EN LA ISLA GRANDE DE TIERRA DEL FUEGO**

Es escasa la información que se conoce sobre la zona costera de la Provincia desde el punto de vista ambiental. Quirós et al. (1993), realizaron una evaluación e identificación de sitios aptos para el desarrollo de la acuicultura, sobre la zona costera de la Isla Grande de la Tierra del Fuego y sus aguas interiores. De la información previa - citada por estos autores sobre condiciones ambientales de la zona estudiada, valen las obtenidas por el Servicio de Hidrografía Naval en 1984. Los estudios de hidrocarburos los hicieron mediante conteo de pelotas de alquitrán (tar-balls) sobre sedimentos intermareales y mostraron valores de contaminantes por debajo del nivel de detección del método empleado en la zona norte de la costa atlántica de la Provincia. Dos excepciones lo constituyeron, la playa de tanques en bahía San Sebastián y la desembocadura del río Cullen, con valores del orden de los 5,3 tar-balls/5m de costa. Los valores de hidrocarburos medidos por fluorescencia en tres sitios preseleccionados mostraron concentraciones entre 0,2 y 0,5 µg/g ps. Para metales se observaron valores de plomo, cobre, zinc, cadmio y cromo que corresponden a un sitio no contaminado. Por otra parte La concentración de plaguicidas organoclorados y PCB's en moluscos bivalvos, obtenidos por el Internacional Mussel Watch Project (1995), estuvieron por debajo de los niveles permitidos para el consumo humano.

En el relevamiento provisorio de sitios aptos para la acuicultura en el litoral atlántico y el canal Beagle, de la Isla Grande de Tierra del Fuego, se identificaron varios lugares de interés sobre los que se estudiaron, entre otra información, la calidad del agua y la concentración de metales pesados en sedimentos costeros. Tomando los datos informados, hemos obtenido los valores medios para la zona costera norte de la Provincia. Estos fueron:

- . •Cobre:  $5,50 \pm 2,12$  (n= 17) µg/g peso seco.
- . •Zinc:  $70 \pm 5,66$  (n= 17) µg/g peso seco.
- . •Plomo:  $5,5 \pm 0,71$  (n= 17) µg/g peso seco.
- . •Cromo:  $55 \pm 2,83$  (n= 17) µg/g peso seco.
- . •Cadmio:  $0,21 \pm 0,27$  (n= 17) µg/g peso seco.



De estos, el Cromo aparece más elevado de lo normal en comparación con la información que se cuenta actualmente para la zona (Amín et al., 1996a). Con respecto a la información de base sobre metales pesados en la zona del canal de Beagle, restringidos a las Bahías Ushuaia, Golondrina y Lapataia, los datos obtenidos por Amín et al. (1994, 1996a, 1996b, 1997), indicaron concentraciones dentro de los límites considerados para sedimentos no contaminados, con algunas excepciones frente a efluentes que desembocan en las cercanías a muelles con actividad portuaria. La misma situación ha podido observarse para el caso de los moluscos bivalvos (Amin et al., 1996b). En 1997, el C.F.I. (Consejo Federal de Inversiones), desarrolló un trabajo sobre el Programa de Bases para el Desarrollo de la Acuicultura para la Provincia. En el mismo se realizó, entre otras actividades, una actualización sobre lugares seleccionados e identificación de tecnologías y especies, aspectos físicos y químicos a tener en cuenta para el desarrollo de la acuicultura, la identificación preliminar del impacto ambiental posible, antes y durante el desarrollo del emprendimiento, el análisis de la ley 244 sobre régimen Provincial de la acuicultura y se realizó un estudio particular sobre las características oceanográficas de base de la Bahía de Harberton. Los resultados mostraron una situación normal, con valores dentro de lo que se espera para un lugar no impactado desde el punto de vista antrópico. Posteriormente, a solicitud de la Subsecretaría de Recursos Naturales de la Provincia (Amín, 1998), se llevó a cabo un estudio similar en la bahía Brown (Puerto Almanza). De la misma manera que en el estudio anterior, los resultados obtenidos reflejaron una situación normal, con valores adecuados a un lugar no impactado desde el punto de vista antrópico. El C.F.I. (2002) realizó un estudio para la implementación, desarrollo y fomento del cultivo de mejillón en la Provincia de Tierra del Fuego en el que se analizaron diferentes localizaciones para el desarrollo de esta actividad. Desde el punto de vista ambiental se concluyó que la calidad de las aguas del Canal es óptima para esta actividad. En algunas zonas – como bahía Brown – se observó una escasa renovación de agua que hace necesario un control permanente de ciertos parámetros ambientales.

La zona del parque Nacional Tierra del Fuego, por su localización geográfica, no posee aportes de origen antrópico en su área costera. En particular se puede resaltar que la presencia de numerosos cursos de agua de diferente caudal, que atraviesan zonas de turbales podrían estar aportando al sistema de bahías, agua con propiedades físicas y químicas particulares (alto contenido de ácidos húmicos, pH bajo) que podrían afectar

directamente la disponibilidad de metales en el ambiente. Entre estos cursos de agua se destacan la desembocadura de los ríos Ovando y Lapataia y cursos de agua menores como el Arroyo los Castores, en el extremo sur del Parque (Bahía Lapataia). Los datos aportados por Amin et al. (1996a) en esta zona pueden ser considerados como niveles de base para el sistema y constituyen los únicos reportes hasta el presente.

Respecto a la información de la zona chilena de la Isla Grande la misma ha sido aportada por Lecaros et al., (1997). Analizaron los hidrocarburos alifáticos en sedimentos de fondo marino en el estrecho de Magallanes y el canal Beagle, detectando hidrocarburos con 14 a 37 átomos de carbono, con concentraciones totales entre 0,54 y 53,15  $\mu\text{g/g}$  peso húmedo. De las estaciones relevadas sobre el estrecho de Magallanes, el 50% mostró contaminación reciente mientras que el 30% de ellas correspondía a contaminación crónica. En el canal Beagle, los aportes antrópicos fueron bajos. Estos autores identificaron tres grupos de estaciones. El primero, con concentraciones entre 0,54 y 1,87  $\mu\text{g/g}$  peso húmedo, con estaciones ubicadas en el Canal Beagle y al norte de la isla Dawson, que mostraron una clara influencia biogénica si bien no estuvieron exentas de la influencia antrópica. Otro grupo de estaciones con concentraciones intermedias, ubicadas en la boca occidental del estrecho de Magallanes, probablemente fueron afectadas por un efecto de dilución con aguas del océano Pacífico. Se observó aquí contaminación reciente. Finalmente, las estaciones con las concentraciones más elevadas correspondieron a aquellas ubicadas hacia el noroeste de la isla Dawson y el origen estaría asociado al agua de deslastre de naves en su paso por el estrecho de Magallanes antes de su llegada a terminales marítimas. Igualmente contribuirían a esta concentración, los residuos hidrocarbureados de la flota pesquera que utiliza también esta vía.

En este informe, se presentan los datos obtenidos en campañas realizadas a lo largo de la costa atlántica de la Isla Grande de Tierra del Fuego, del Canal Beagle y de la Isla de los Estados.

## **MUESTREOS, MATERIALES Y METODOS**

### **Muestreo.**

**Zona costera de la Isla Grande.** Se seleccionaron estaciones a lo largo de la zona costera de la Provincia de Tierra del Fuego, desde Cabo Espiritu Santo sobre el Océano Atlántico hasta la Bahía Lapataia en el Canal de Beagle. Se tomaron muestras de sedimentos de la zona de pleamar para análisis de metales pesados e hidrocarburos. En las estaciones correspondientes a la ciudad de Río Grande y Ushuaia, se incluyeron muestras de agua para análisis de nutrientes. Este muestreo fue realizado en enero de 2001. La distribución de las estaciones puede observarse en la figura 3. Los datos correspondientes a Ushuaia, han sido publicados recientemente (Esteves y Amín, 2004).

Los puntos analizados sobre la **costa atlántica** fueron los siguientes:

- Cabo Espiritu Santo (estaciones 1 y 2).
- Cañadón Alfa (estación 3)
- Cullen Norte (estación 4)
- Estancia Cullen (estación 5)
- Punta Páramo (estación 6)
- Bahía San Sebastián (estaciones 7, 8 y 9)
- Las Violetas (estación 10)
- Zona de Río Grande (estaciones 11 a 20)
- Punta María (estación 21)
- Cabo Viamonte (estación 22)
- Norte Cabo San Pablo (estación 23)
- Río Lainez, sur Cabo San Pablo (estación 24)

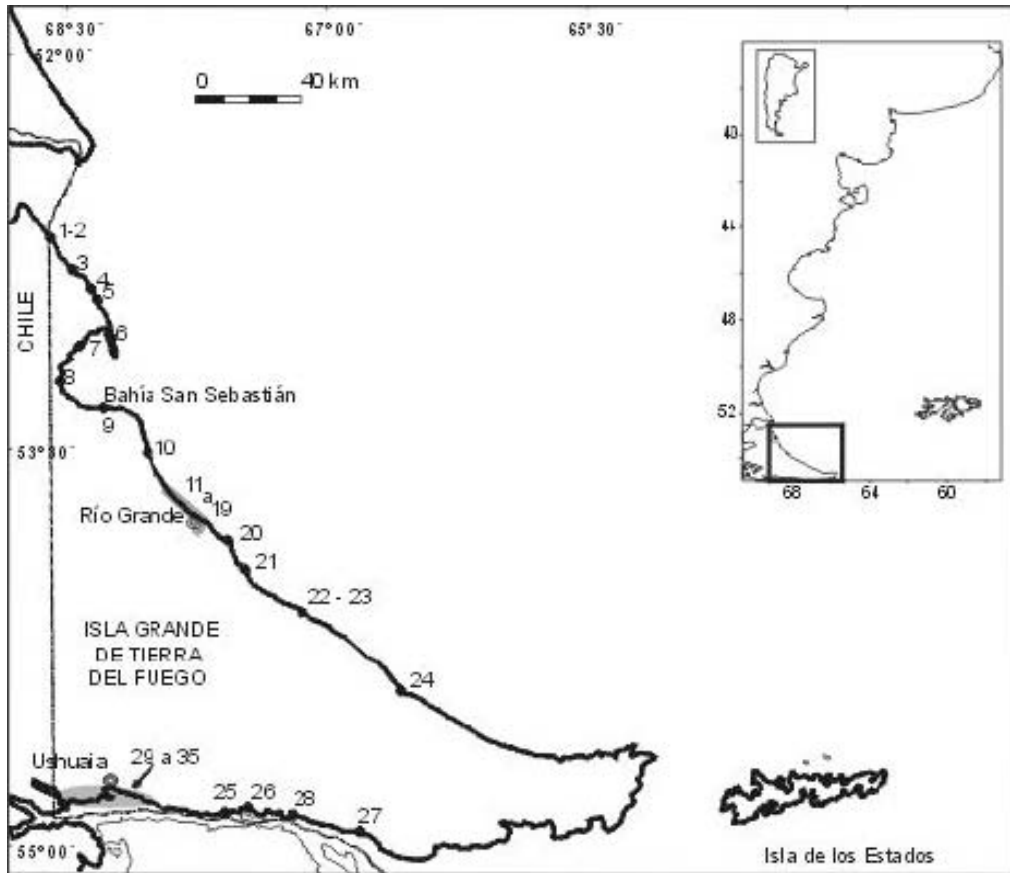
Sobre el **Canal Beagle**, las estaciones fueron:

- Almanza (estación 25)
- Harberton (estación 26)
- Moat (estación 27)
- Islas Becasses (estación 28)
- Zonas de Ushuaia (estaciones 29 a 33)
- Bahía Lapataia (estación 34)
- Bahía Ensenada (estación 35)

**Zona costera de la Isla de los Estados.** En marzo de 2003, se realizó una

campana a bordo del M/V "Ushuaia". Se recorrió la costa norte de la Isla, así como la Isla Observatorio, la más grande del grupo de islas denominado de Año Nuevo. El muestreo fue puntual ya que no se acampó en la Isla, sino que se pernoctaba a bordo, descendiendo (landing) en los lugares ya identificados. Se tomaron muestras de sedimentos de la zona de pleamar para análisis de metales pesados e hidrocarburos. Igualmente, se analizó in situ el agua de arroyos que desembocan en e mar, mediante una sonda ad-hoc. Las estaciones de muestreo fueron las siguientes (figura 4):

1. 1. Bahía Crossley
2. 2. Puerto San Juan de Salvamento
3. 3. Puerto Vancouver
4. 4. Puerto Cook
5. 5. Isla Observatorio
6. 6. Puerto Hoppner
7. 7. Bahía Franklin



**Figura 3: Estaciones sobre la costa atlántica de la Isla Grande y Canal Beagle.**



Isla de los Estados (Provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur).  
**Figura 4: Estaciones sobre la Isla de los Estados.**

### **Muestreo de sedimentos.**

Los sedimentos se obtuvieron en la línea de la pleamar, mediante tubos de plexiglás de 4,5 cm de diámetro interno y 30 cm de longitud. Se cortaron en fracciones de 3 cm correspondientes a diferentes períodos históricos de sedimentación, con el fin de establecer diferencias en el tiempo. En el caso de hidrocarburos se analizó sólo la profundidad 0-3 cm. En aquellos casos de sedimentos compuestos por grava, el muestreo se realizó mediante el uso de espátulas. Las muestras una vez obtenidas fueron conservadas y procesadas, de acuerdo a las determinaciones específicas para cada tipo de contaminantes a analizar.

Para el caso de análisis de hidrocarburos, los sedimentos fueron transferidos inmediatamente a recipientes de vidrio y mantenidos a -20°C hasta su análisis.

En el caso del análisis de los metales pesados y materia orgánica, los sedimentos se secaron en estufa a baja temperatura (40°C), se tamizaron por malla de 2 mm para eliminar gravas y conchillas y se separó la fracción menor a 63 µm, sobre la cual se realizaron las determinaciones.

### **Muestreo de agua.**

Se determinó *in situ* el oxígeno disuelto y la temperatura mediante una sonda YSI y el pH mediante un peachímetro Yokogawa®. Las muestras de agua para conductividad, nutrientes y clorofila "a" se obtuvieron desde puentes o desde la costa mediante botellas Van Dorn de 4 litros de capacidad o con balde de 7 litros. Se trasvasaron a botellas de PVC de 2 litros de capacidad, que se mantuvieron frías y a la oscuridad hasta la llegada al laboratorio. El agua fue filtrada a través de filtros de acetato de celulosa de 0,45 µm de tamaño de poro. El filtro fue conservado a -20°C para análisis de clorofila "a", mientras que el agua ya filtrada se congeló a la misma temperatura hasta el análisis de nutrientes (nitrato, nitrito, amonio, fosfato, silicato), siguiendo las técnicas descritas por Strickland y Parsons (1972), adaptadas para autoanализador Technicon en el caso de los dos primeros parámetros. Silicato fue analizado según Technicon (1977). La conductividad fue determinada con un conductímetro YSI modelo

## **Análisis de nutrientes en agua.**

**Nitrato.** El nitrato se reduce cuantitativamente a nitrito, al pasar la muestra a través de una columna de Cu-Cd. El nitrito así reducido y el originalmente presente en la muestra es determinado por diazotación con sulfanilamida y copulado con N-(1-Naftil)-etilendiamina, para formar un compuesto azo muy coloreado, cuya extinción se mide a 543 nm. Posteriormente haciendo la corrección por la cantidad inicial de nitrito que reacciona cuantitativamente con los mismos reactivos, se obtiene finalmente la concentración de nitrato.

**Nitrito.** El nitrito en agua de mar, reacciona con sulfanilamida en solución ácida. El compuesto diazo resultante, reacciona con N-(1-Naftil)-etilendiamina y forma un compuesto azo altamente coloreado, cuya extinción se mide a 543 nm.

**Amonio** El agua de mar es tratada en un medio alcalino con hipoclorito de sodio y fenol en presencia de nitroprusiato de sodio que actúa como catalizador. El azul de indofenol formado con el amonio es medido a 640 nm.

**Fosfato.** El agua de mar reacciona con un reactivo compuesto que contiene ácido molibdico, ácido ascórbico y antimonio trivalente. El complejo heteropolíácido resultante es reducido in situ para dar una solución azul, cuya extinción es medida a 885 nm.

**Silicato.** El procedimiento está basado en la reducción de molibdato de sílice en medio ácido a azul de molibdeno y medición del complejo resultante a 660 nm.

**Análisis de clorofila "a".** El agua de mar es filtrada a través de filtros de acetato de celulosa de 0,45 µm de diámetro de poro. El filtro se congela a -20°C hasta el momento de su análisis. Se extrae la clorofila del filtro mediante acetona al 90% durante 24 horas. Se centrifuga y el sobrenadante se lee en fluorómetro Turner®. Se aplican las ecuaciones de acuerdo a la técnica descrita por Strickland y Parsons (1972).

## **Análisis de metales en sedimentos.**

Para Cobre, Cadmio, Plomo y Zinc, cada muestra se digirió con ácido clorhídrico

0,5 N (25 ml/g de muestra) durante 12 horas en frío (Agemian y Chau, 1976). Se centrifugó y se midieron los metales por absorción atómica con llama aire-acetileno. Este método extrae solamente la fracción biodisponible. Para Mercurio se trataron las muestras a 50°C en tubos de digestión tipo Kjeldahl con ácidos clorhídrico y nítrico (1 + 9) (3 ml/g de muestra). Se llevaron a volumen y se analizaron por absorción atómica mediante la técnica de vapor frío modificada.

**Calidad de los resultados:** la calidad de los datos se aseguró por cuantificación de los coeficientes de variación a partir de diez réplicas de una misma muestra. La recuperación se calculó a través del agregado de sales inorgánicas de Zn, Cu, Cd y Pb a tres réplicas de una muestra de concentración conocida (Tabla N°1). Todas las muestras se analizaron por duplicado.

Tabla N°4: Calidad de los datos de metales

	Zinc	Cobre	Cadmio	Plomo	Mercurio
COEFICIENTE DE VARIACION (%)	0,77	2,89	3,58	1,88	
PROMEDIO (ppm)	20,09	7,4	2,51	31,87	
RECUPERACION (%)	104	98	99	113	
LIMITE DE DETECCION (ppm)	0,47	0,64	0,27	1,80	0,005*

\* Límite de detección del equipo.

**Calidad de los resultados por ICP.** Para la determinación del límite de detección se procesaron 7 blancos de reactivos con cada uno de los dos métodos de extracción:

**ZnCu PbCd Sn**

1,10 0,46 1,08 0,06 0,81

La precisión se determinó por análisis de 3 réplicas de la muestra IE-9:

	Zn	Pb	Cu	Sn
<b>Promedio</b>	11,88	9,57	3,47	1,10
Desvío estandar	0,12	0,31	0,20	0,13



<b>CV(%)</b>	0,98	3,22	5,89	12,01
--------------	------	------	------	-------

Tabla 5: calidad de los resultados por ICP.

### **Determinación de la materia orgánica en sedimentos.**

Se realizó por calcinación a 450°C durante 5 horas, sobre la fracción fina.

### **Análisis de hidrocarburos en sedimentos.**

Se siguió la metodología propuesta por la UNESCO (1982) y Gold *et al.* (1987). Se pesó el sedimento húmedo y se saponificó. La fracción no saponificable se extrajo con hexano. Los extractos combinados se secaron con sulfato de sodio anhidro. El volumen fue reducido en evaporador rotativo y luego con gas N<sub>2</sub> de alta pureza. La limpieza y separación de las fracciones de hidrocarburos (alifáticos y aromáticos) se realizó por cromatografía en columna con alúmina totalmente activada. La medición de los hidrocarburos alifáticos se efectuó por cromatografía de gases de alta resolución (CGAR). Se utilizó un equipo Konik 3000 equipado con columna capilar (30m x 0,25mm x 0,25µm), fase DB1, sistema de inyección modo splitless y detector de ionización de llama (FID). Se utilizó nitrógeno como gas portador (1 ml/min). Las temperaturas del inyector y del detector fueron 250 °C y 320 °C respectivamente. Se utilizó temperatura programada desde 60 °C (2 min) hasta 290°C (15 min), R= 8°C/min. La identificación de hidrocarburos alifáticos resueltos (Alif. Res.) se realizó por comparación de los tiempos de retención con los estándares correspondientes y fueron cuantificados utilizando el factor de respuesta de los n-alcanos y el área integrada. La mezcla compleja no resuelta (MCNR) se calculó como el área comprendida entre la línea de base de la corrida con blancos y de la muestra. La recuperación fue de 94,5 ± 11,6% (n = 5) para nC20-nC28. La reproducibilidad del método varió entre 9,3 y 16,5%. Para cada estación se calcularon: concentraciones de n-alcanos individuales entre n-C10 y n-C31, isoprenoides pristano y fitano, MCNR y alifáticos totales (Alif. Res. + MCNR). Los índices aplicados y las condiciones cromatográficas fueron descriptos por Commendatore *et al.*, (2000).

## **RESULTADOS**

### **Análisis ambiental de la zona de Río Grande.**

Del análisis de la información obtenida sobre datos ambientales en la zona de la ciudad de Río Grande, tanto el pH como la temperatura, se mantuvieron dentro de los rangos esperados, con valores comprendidos entre 7,2 y 8,5 para el pH y temperaturas entre 10 y 11,1 °C.

El oxígeno disuelto permaneció saturado en todas las estaciones con excepción de la zona del puerto en donde los valores llegaron al 74% aproximadamente, posiblemente debido a la influencia de sedimentos limo-arcillosos y al elevado contenido de materia orgánica. La conductividad marcó claramente la influencia del Río (estaciones sobre el puente de la ruta 3 y el parque industrial) con valores bajos (inferiores a 350  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), intermedios en el puente CAP, típicos de zonas estuarinas y el puerto con clara influencia marina (33.100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). La turbidez mostró aproximadamente esta tendencia, con valores bajos en el río, intermedios en puente CAP y el mar (40 NTU).

De los nutrientes analizados, el nitrato y el amonio, reflejaron la influencia de la ciudad en la desembocadura del río Grande. Las concentraciones fueron menores a 1 $\mu\text{M}$  para los dos nutrientes en la zona fluvial (puente sobre ruta 3 y parque industrial). El nitrato aumentó a valores entre 10 y 35  $\mu\text{M}$  en la zona fluvial con influencia antrópica o marina. El amonio alcanzó valores entre 2,5 y 5,5  $\mu\text{M}$ . el nitrito se mantuvo siempre inferior a 0,10  $\mu\text{M}$ . El fosfato y el silicato mostraron una mayor variabilidad y no hubo una influencia específica de alguna de las fuentes posibles (río, mar o ciudad).

La clorofila "a" y la feofitina (como producto de degradación de la clorofila), respondieron a los nutrientes existentes y sus valores máximos se observaron en la zona con influencia antrópica con concentraciones hasta 7,3  $\text{mg}/\text{m}^3$  y 5,13  $\text{mg}/\text{m}^3$  respectivamente.

A la luz de la información colectada en esta campaña, el río no registra efecto antrópico aguas arriba del Puente de la ruta 3, pero la calidad del agua se va deteriorando desde este sitio hacia la desembocadura en el mar. Sin embargo, en este sector, tanto el viento como las mareas generan corrientes costeras importantes y como consecuencia, una rápida dilución del río por el mar, dando como resultado que no sea detectable el impacto antrópico, al momento de este muestreo.

Es importante señalar que la distribución de contaminantes en la zona y la

variación de los parámetros físicos y químicos están fuertemente influenciadas por las condiciones oceanográficas y climatológicas del área estudiada.

**Residuos sólidos urbanos (RSU).** Independientemente de que la Ciudad posee un predio para la recepción de los RSU generados por la misma, se han observado vertidos innecesarios e incontrolados de estos compuestos en la zona industrial sobre la costa del río Grande. La lixiviación del agua de lluvia sobre este sector, concentra materiales orgánicos o inorgánicos tóxicos, que terminan en el cauce del río y luego van al mar. Se deberá tener especial cuidado en el control y disposición final de estos residuos.

Las fotografías de abajo ilustran esta situación.



Foto 1. Residuos sólidos urbanos e industriales en el cauce del río Grande.



Foto 2. Pluvial que desemboca en el río Grande con residuos sólidos urbanos e industriales en su cauce.



Foto 3. Pluvial que desemboca en el río Grande con residuos sólidos urbanos e

industriales en su cauce.



Foto 4. Salida del pluvial desde un barrio de Río Grande con residuos sólidos urbanos e industriales.

#### **Análisis ambiental de la Isla de los Estados.**

En la Isla de los Estados, numerosos chorrillos descienden de la montaña, con agua color té, producto posiblemente de su pasaje por zonas de turberas. Se analizaron los más importantes en función de su caudal. Muchas veces fue posible observar chorrillos con flujos importantes de agua pero cuando llegan a la playa lo hacen por debajo de las piedras, percibiéndose solamente el ruido del agua cuando las atraviesa (caso específico de bahía Cook). Entre las características más llamativas de todos los chorrillos analizados figura la condición ácida del agua, entre pH 4 y 5. Bajo este pH, es posible una disolución natural de los metales del sedimento que pueden ser incorporados posteriormente por la biota. Se trata de agua dulce, con baja conductividad. El valor más elevado se registró en Bahía Hoppner con 1200  $\mu\text{Si}/\text{cm}$ . El agua de los chorrillos no presentó muchos sólidos en suspensión, tratándose de un agua bien translúcida. Sobre la playa pudieron observarse arribazones de algas, particularmente *Macrocystis pyrifera*, *Lessonia nigresens* y *Durvillea Antarctica*.

En las bahías más o menos cerradas, el agua proveniente de la Isla se mantiene en superficie por la menor densidad y colorea el agua de las bahías hasta distancias de más de 20 a 50 metros de la costa. La salinidad es baja y en algunos casos, como en la zona Este de la Bahía Vancouver, el agua es salobre.

Se ha observado igualmente una importante cantidad de aves marinas, aves terrestres, mamíferos marinos, etc. Parera et al. (1997), realizaron un estudio pormenorizado sobre la fauna de la Isla.

La vegetación está caracterizada por bosques húmedos de *Nothofagus betuloides* y *Drimys winteri*. Las turberas de *Marsippospernum magellanicus* y *Empetrum rubrum*, son comunes en toda la Isla. Sobre la costa occidental de la Isla, son abundantes las praderas de *Poa* spp. (Schiavini et al., 1998).

En la bahía Vancouver, se observaron arribazones de algas de gran tamaño. Esta bahía es la única que se visitó del lado sur de la Isla adonde se llegó caminando desde la Bahía Cook. Llama la atención analizando la batimetría de la costa sur el descenso abrupto muy cerca de la Isla hasta profundidades del orden de los 2000 metros. Teniendo en cuenta el fuerte viento del oeste y sudoeste que predomina en la zona y las características oceanográficas del agua de la convergencia antártica, con altas concentraciones de nutrientes como nitrato, fosfatos, silicato, sería posible que esta costa sur sea también relativamente más rica que la costa norte. En todo caso, en el interior de la bahía Cook (500 metros al norte de bahía Vancouver), la cantidad de algas observada fue baja y de crecimiento efímero. Los residuos sólidos provenientes de la flota pesquera se encuentran diseminados sobre toda la Bahía. Dado la dirección predominante del viento, no sería extraño que todas las bahías de la zona sur, presenten el mismo aspecto en lo que hace a acumulación de residuos sólidos. Se requiere un estudio más profundo de esta situación, la limpieza de las playas de estos residuos para evitar efectos indeseados sobre la fauna local (por ejemplo, sunchos plásticos en el cuello de mamíferos marinos).



Foto 5. Campos de algas en Bahía Vancouver.

Solamente en Franklin y en Crossley se observaron sedimentos arenosos. En el resto de las estaciones analizadas, los sedimentos están compuestos por rodados de gran tamaño (entre 0,5 y más de 30 cm), dispuestos de manera heterogénea. En los sedimentos de la bahía Cook se observó una alta densidad de anfípodos entre la arena gruesa, con más de una especie.

Se midieron parámetros ambientales en los arroyos que bajan al mar y en el mar adyacente a los mismos. Los parámetros analizados fueron: temperatura, conductividad (arroyos), salinidad (mar), oxígeno disuelto y pH.

Del análisis de la información obtenida sobre datos ambientales se pudo observar:

- La temperatura en todas las estaciones se mantuvo entre 6,4 y 10,9 °C. Las máximas se observaron en la Bahía Vancouver, con 10,9 °C y las mínimas correspondieron a Bahía Crossley e Isla Observatorio con 6,4 y 6,3 °C respectivamente. Estas bahías se encuentran más expuestas que las restantes.

- La conductividad de los chorrillos que bajan desde la montaña al mar, fue del orden

de 500  $\mu\text{S/cm}$ . Los menores valores se observaron en Bahía Vancouver (121  $\mu\text{S/cm}$ ), San Juan de Salvamento (190  $\mu\text{S/cm}$ ) y Bahía Crossley (233  $\mu\text{S/cm}$ ). Las mayores conductividades se observaron en Bahía Hoppner (1213  $\mu\text{S/cm}$ ).

-En el mar, la salinidad refleja el ingreso del agua dulce. Los valores observados se encontraron entre 21 y 33 g/l. Los mínimos en las bahías Franklin y Vancouver con 21,5 y 25,5 g/l respectivamente. Los máximos se observaron en Isla Observatorio y las bahías Hoppner, Crossley y Cook con concentraciones de  $32,6 \pm 0,25$  g/l para todas las estaciones. En Bahía Vancouver, se observó una zona dentro de la Bahía con concentraciones de 3,5 g/l, que muestra la fuerte influencia de algunos arroyos en la zona marina.

-El oxígeno disuelto permaneció saturado o cerca de la saturación en todas las estaciones marinas o de los arroyos que bajan al mar.

-El pH mostró variaciones cuando se lo midió en los arroyos o en el mar circundante. El agua que baja de la montaña es ácida, probablemente a causa de la disolución de material en las turberas. Los menores valores se dieron en Vancouver (4,07), San Juan de Salvamento (4,13) e Isla Observatorio (4,21); mientras que los valores más elevados correspondieron a Bahía Hoppner con 5,68. En el mar, el pH aumenta y se observaron valores medios de  $7,9 \pm 0,4$ . Los mínimos de 7 en Vancouver y los máximos de 8,2 en Bahía Crossley e Isla Observatorio.

De los parámetros analizados, el pH es el que mostró mayor variabilidad. La acidez del agua de los arroyos tiene capacidad para poner en solución metales de las rocas y este es un mecanismo de intemperización que debería ser analizado con mayor detalle.

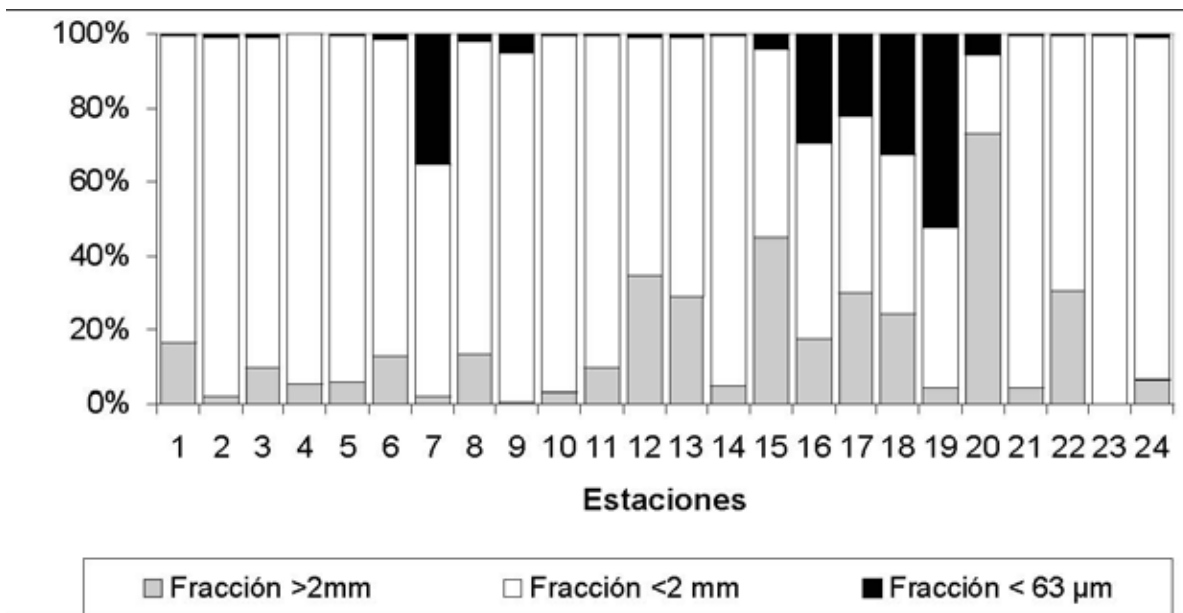




Foto 6. Chorrillo al mar. Puede observarse el color té de sus aguas.

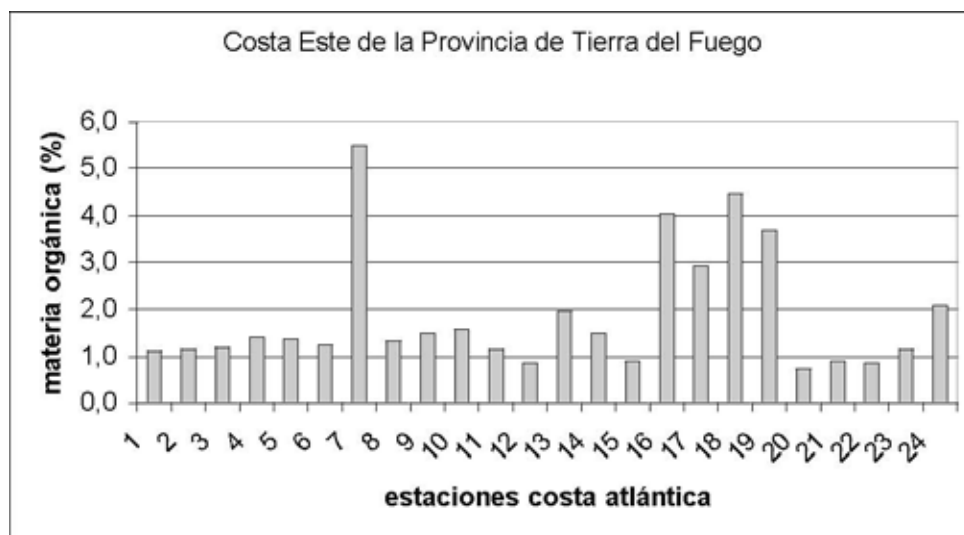
## **SEDIMENTOS DE LA ZONA COSTERA**

**Costa Atlántica.** La granulometría de los sedimentos de la zona costera norte de la Provincia, correspondiente a la zona Atlántica, muestra una predominancia de sedimentos de tipo arenoso con granulometría entre 2 mm y 63  $\mu\text{m}$ . Una excepción lo constituye la estación 7 (Punta Páramo) en donde el sedimento fino ( $< 63 \mu\text{m}$ ) ocupó un 35% aproximadamente y las estaciones ubicadas en la zona contigua a Río Grande, con valores de hasta 50% de material fino. La figura 5a muestra los resultados obtenidos.



**Figura 5a: Granulometría en la Costa Atlántica.**

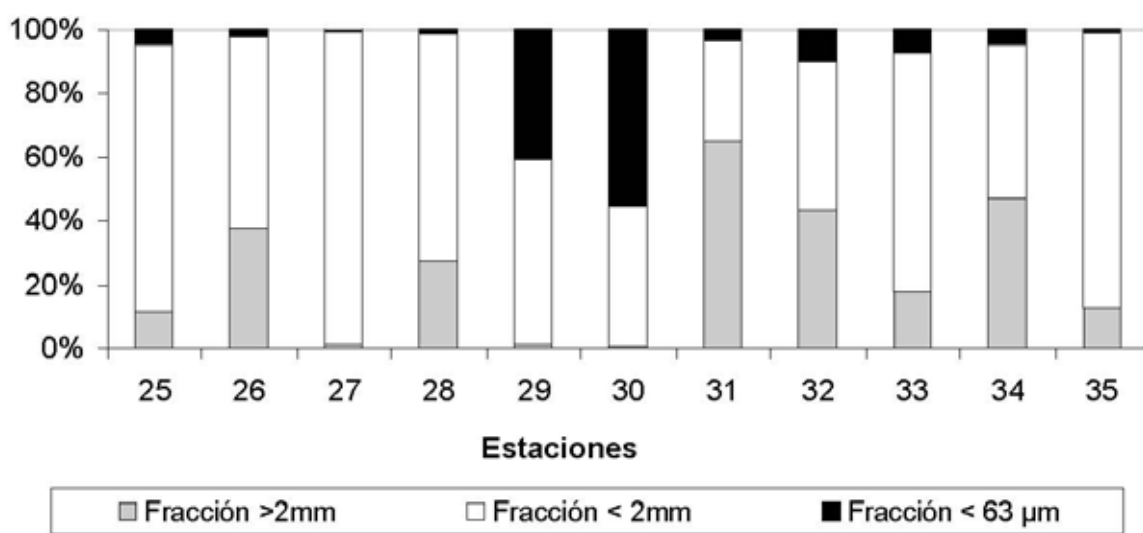
La materia orgánica es coincidente con los valores obtenidos de material fino. Las mayores concentraciones fueron las correspondientes a las estaciones 7 (Punta Páramo) con algo más de 5% y las correspondientes a Río Grande, con valores del orden del 4%. El resto de las estaciones presentó concentraciones del orden de 1%. La figura 5b muestra los resultados.



**Figura 5b: Porcentaje de materia orgánica en la Costa Atlántica.**

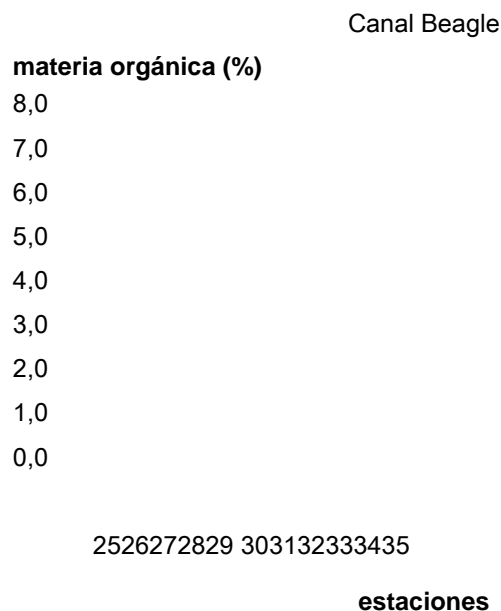
**Canal Beagle.** El canal Beagle presentó sedimentos conformados preponderantemente por gravas y arenas. Solamente dos estaciones de la bahía de

Ushuaia mostraron sedimentos finos hasta un 50% aproximadamente (estaciones 29 y 30). La Figura 5c muestra la granulometría en el canal Beagle.



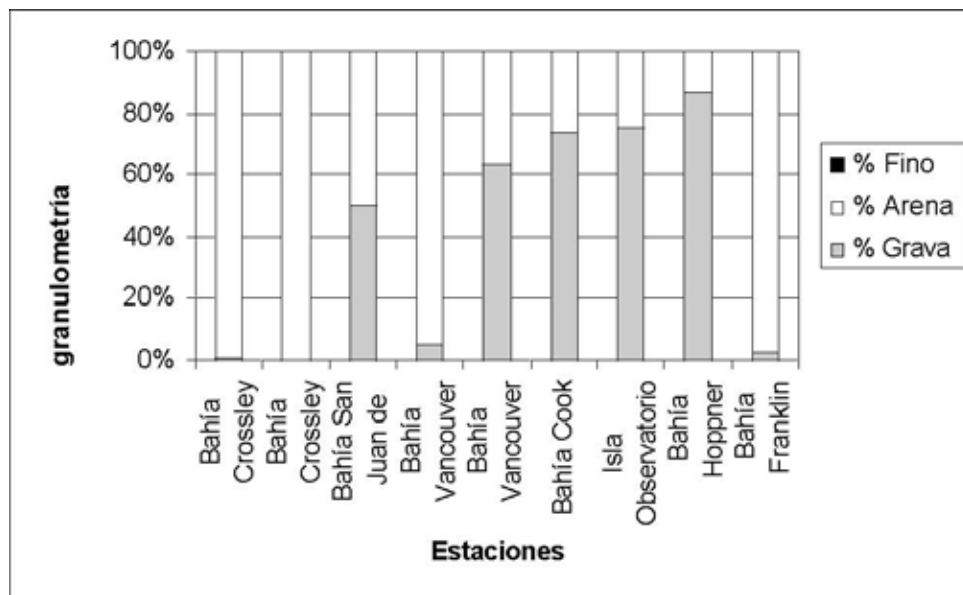
**Figura 5c: Granulometría en el canal Beagle.**

La materia orgánica en este sector también fue coincidente con los valores de material fino. Las mayores concentraciones fueron las correspondientes a las estaciones 29 y 30 con concentraciones entre 5 y 7 %. El resto de las estaciones presentó concentraciones entre 1 y 2%, algo mayores que las observadas en la costa atlántica, La figura 5d muestra los resultados obtenidos.



**Figura 5d: Porcentaje de materia orgánica en el Canal Beagle.**

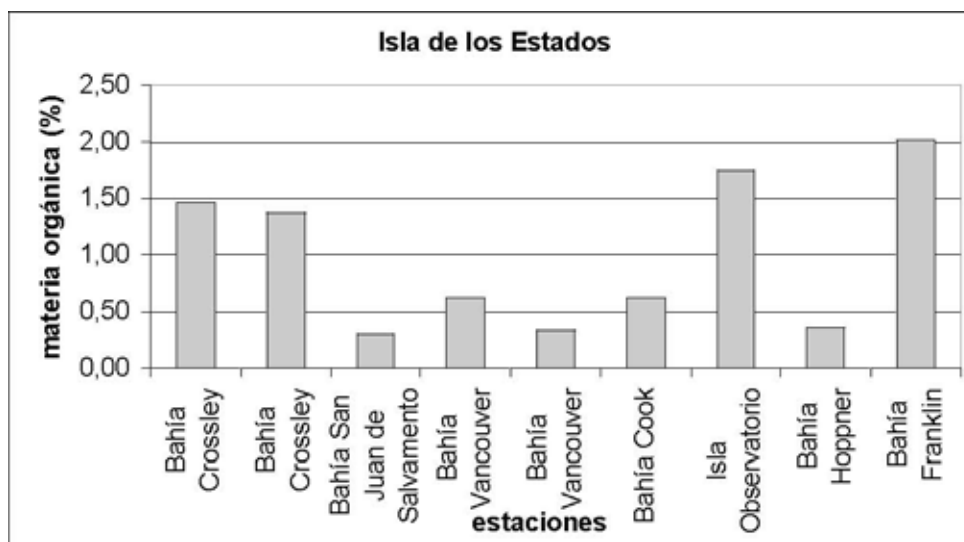
**Isla de los Estados.** Los sedimentos de la Isla de los Estados están compuestos preponderantemente por sedimentos gruesos, tipo grava. Solamente en Franklin y en Crossley se observaron zonas con sedimentos arenosos desde donde se tomaron las muestras de sedimentos. En el resto de las estaciones analizadas, los sedimentos están compuestos por rodados de gran tamaño (entre 0,5 y más de 30 cm), dispuestos de manera heterogénea. El porcentaje de material fino es despreciable (menor del 0,1 %). La figura 5e, presenta la distribución de sedimentos observada.



**Figura 5e: Granulometría de la Isla de los Estados.**

La materia orgánica en este sector también fue coincidente con los valores observados de material fino. Ya que los porcentajes de estos últimos son despreciables, las concentraciones de materia orgánica observadas fueron también más bajas que en el resto de las estaciones.

Las mayores concentraciones fueron las correspondientes a las bahías Crossley y Franklin e Isla Observatorio, con valores entre 1,5 y 2%. El resto de las estaciones presentó concentraciones menores de 1%. La figura 5f muestra los resultados obtenidos.



**Figura 5f: Porcentaje de materia orgánica en la Isla de los Estados.**

## **METALES PESADOS.**

Para un análisis comparativo se dividió a la zona muestreada en la Isla grande en seis subzonas, cuyos datos figuran en la tabla 6 (A a F):

- Costa Atlántica Norte.
- Río Grande y adyacencias.
- .-Costa Atlántica al sur de Río Grande.
- .-Costa Norte del Canal Beagle.
- Parque Nacional Lapataia.
- Isla de los Estados.

Los valores hallados se encontraron dentro de los esperables por el tipo de actividades desarrolladas en cada subzona o de las características geomorfológicas de cada una de ellas.

El Hierro y Manganese (Fe y Mn) constituyeron los elementos más abundantes en la matriz estudiada así como el Cobre y el Zinc (Cu y Zn) fueron los elementos esenciales más importantes que se encontraron distribuidos en el ambiente, en rango de

concentraciones que pueden considerarse de base. Los valores mas altos de estos 4 elementos se encontraron coincidentemente en las estaciones 1 (Subzona Costa Atlántica Norte) y 26 y 27 (Subzona Costa Norte del Canal Beagle).

En el caso del Cromo (Cr), si bien los valores fueron sensiblemente inferiores a los informados por Quirós et al. (1993), están dentro de los registrados para el Canal Beagle por Amin y col. (1997), al menos para las estaciones ubicadas en la zona del Canal Beagle. Las concentraciones observadas podrían estar asociadas a una fuente natural del mineral denominado Hornblendita descrita por Acevedo (1994), quienes asignan valores mayoritarios de cromo de este material que constituye la formación y cuyo centro se halla en sedimentos frente a la Península Ushuaia.

Resultan llamativas las concentraciones de Plomo (Pb) en la estación 26, ubicada en la bahía Harberton. Allí existe un pequeño muelle que sirve de amarradero a embarcaciones menores o a lanchas de desembarco de buques turísticos de gran porte que permanecen fondeados en la Bahía durante algunas horas en la época estival de turismo. Si bien la muestra fue tomada en las proximidades de este muelle, lindante al casco de la Estancia homónima, el valor resulta excesivamente alto, sugiriéndose la realización de nuevos e intensivos muestreos sobre la línea de costa y el interior de la Bahía.

La granulometría de la zona aparece como dato relevante al momento de considerar la importancia de los niveles de metales pesados hallados en el contexto del tipo de muestra analizado. Debido a que, excepto para algunas de las muestras de la zona de Río Grande, Punta Páramo (Estación 6) y Río Lainez (Estación 16), los valores porcentuales de fracción < 63 micrones no superaron el 5 %, los valores obtenidos deben analizarse bajo esta consideración.

La correlación positiva entre los metales indicaría un posible origen común para Cu, Zn y Pb en la subzona Costa Atlántica Norte siendo estos sus posibles niveles de base. En la Subzonas Río Grande, Costa Atlantica Sur y Costa Norte Canal Beagle la única correlación positiva fue Cu-Zn. El Pb fue particularmente alto en la estación 17 (Margen Sur Río Grande) y en la estación 32 (Harberton), debiendo estudiarse con mayor profundidad los posibles orígenes de estos valores excepcionales. Aunque existe una correlación significativa entre el porcentaje de material fino y la

concentración de materia orgánica en los sedimentos ( $r^2 = 0,90$ ;  $n = 35$ ), no se observó una correlación significativa entre las concentraciones de los metales analizados y la materia orgánica total de las muestras ni con la cantidad de material fino del sedimento. Esta falta de correlación estaría explicando que la concentración de metales responde más a procesos naturales que a procesos antrópicos.

Las concentraciones de metales biodisponibles en muestras de sedimentos de la Isla de los Estados (arena y material fino) fueron bajas. Los valores más elevados correspondieron a Isla Observatorio. La Bahía en donde se tomó la muestra, sobre la costa Este de la Isla, es utilizada habitualmente por las embarcaciones de apoyo al mantenimiento de los faros, por lo que el origen de estas concentraciones podría estar asociado a una actividad antrópica. Las concentraciones observadas en este punto, sin embargo, fueron del mismo orden de magnitud que las observadas en zonas no contaminadas de la Isla Grande. El resto de las estaciones mostró concentraciones bajas de los metales analizados. El Cadmio no fue detectado en ninguna estación.

En comparación con otras áreas geográficas y con datos obtenidos previamente en parte del Canal Beagle (Amín et al., 1994, 1996a, 1997), aunque con métodos de extracción diferentes, los niveles pueden considerarse como niveles de base para el ambiente de estudio. (Tabla 7 a y b).

Tabla 7: Valores promedio de metales pesados en sedimentos de otras áreas costeras de Patagonia (Tabla 7a), y de Bahía Ushuaia, Bahía Golondrina y Bahía Encerrada (Tabla 7b), expresados en ppm (microgramo/gramo de peso seco).

Tabla 7a.

Lugar y fuente	METALES			
	Plomo	Cadmio	Cobre	Zinc
Bahía San Antonio (1)	1790,9 (4497,2)	2,3 (3,9)	570,2 (1478,4)	1868,6 (3292,5)
Puerto Madryn (1)	31,0 (2,8)	Nd	6,9 (1,41)	20,45 (8,0)

Comodoro Rivadavia (1)	27,5 (6,36)	Nd	15,5 (1,74)	160 (42,42)
------------------------	-------------	----	-------------	-------------

(1) Gil et al., 1999.

Tabla 7b.

Lugar	Pb	Cd	Cu	Fe	Mn	Zn	Cr	Hg
Bahía Encerrada arroyo (2)	10	0,87	13	4.900	260	57	4,2	<0,05
Bahía Encerrada draga (2)	15	1,2	14	5.000	180	72	4,4	<0,05
Club Náutico (2)	24	<0,5	26	4.600	400	49	7,7	0,13
Club Náutico (4)			100					
S. Christopher (2)	90	<0,5	64	10.000	420	160	3,2	<0,05
Planta Orion (2)	70	<0,5	54	8.600	5600	130	2,3	<0,05
Planta Orion (3)				3900		30	1,7	
B. Encerrada Costa (2)				5000		35	1,9	
B. Encerrada Costa (4)	2,65	1,25				12		
B Golondrina (2)	41	1,04	34			93		
B Golondrina (4)	17	N.d.	205			110		
Puerto Ushuaia (4)	125	0,75	160			333		
Peninsula Ushuaia (3)						10	5	
B Ensenada (3)				790		42	1,2	

.(2) Amín 2004.

.(3) Amin et al., 1997.

.(4) Vazquez et al., 2003. N.d.: No detectable.

Los resultados obtenidos han sido menores – en todos los casos – a los observados en la bahía de San Antonio, en el golfo San Matías. Esta Bahía



constituye un caso particular que ha sido discutido en detalle en otros trabajos (Gil et al., 1999). El hecho de que las concentraciones observadas en la provincia de Tierra del Fuego, sean en general mayores a aquellas informadas para el resto de la costa patagónica, estaría relacionado más al aporte de metales desde la zona de cordillera en esta Provincia, ubicada muy cerca de la zona costera, que a un impacto antrópico directo.

**Tabla 6. Valores promedio de metales pesados biodisponibles en sedimentos costeros, discriminados por zona de muestreo, expresados en µg/g peso seco en la fracción menor a 63 micrones.**

#### 6a. Zona Costa Atlántica Norte

Ubicación	Pb	Cd	Cu	Fe	Mn	Zn	Cr	Hg
C Esp.Santo (1)	13	<0,5	620	4.000	150	170	<1	<0,05
C Esp.Santo (2)	6,6	<0,5	12,4	3.050	155	11,2	1	<0,05
Cañadon alfa (3)	5,4	<0,5	47	2.600	190	47	3,2	0,37
Cullen Norte (4)	7,3	<0,5	190	2.900	120	52	1,9	<0,05
Est. Cullen (5)	3,9	<0,5	32	3.900	210	19	2,6	<0,05
P. Paramo (6)	2,9	<0,5	4,8	5.800	260	26	3,9	<0,05
B S. Sebastián (7)	3	<0,5	8,2	4.300	180	14	1,6	<0,05
B S. Sebastián (8)	7,1	<0,5	85	5.000	450	33	2,3	<0,05
B S. Sebastián (9)	6,6	<0,5	28	2.700	140	14	1,2	<0,05
Las Violetas (10)	5,2	<0,5	14	3.200	140	13	1,1	<0,05

#### 6b. Zona Rio Grande y adyacencias

Ubicación	Pb	Cd	Cu	Fe	Mn	Zn	Cr	Hg
Río Grande (11)	5,1	<0,5	14	3.400	90	12	1,7	<0,05
Río Grande (12)	6,2	<0,5	19	7.000	250	35	4,6	<0,05
Río Grande (13)	8,2	<0,5	64	6.600	190	46	2,1	<0,05
Río Grande (14)	5,4	<0,5	5,7	5.200	88	27	3,5	<0,05
Río Grande	15	<0,5	11	2.900	85	15	1,2	<0,05

(15)								
Río Grande (16)	5,1	<0,5	5,2	6.000	140	24	2,6	<0,05
Río Grande (17)	380	<0,5	11	7.300	230	32	4,4	<0,05
Río Grande (18)	4,8	<0,5	7,6	4.800	100	17	2,6	<0,05
Río Grande (19)	3,5	<0,5	12	5.400	110	17	1,2	<0,05

### 6c. Zona Costa Atlántica al Sur de Río Grande

Ubicación	Pb	Cd	Cu	Fe	Mn	Zn	Cr	Hg
Pta. Maria (21)	3,7	<0,5	55	3.500	120	34	2,7	<0,05
C. Viamonte (22)	8,9	<0,5	12	4.800	130	21	2,2	<0,05
C. S Pablo (23)	6	<0,5	19	5.300	290	21	<1	<0,05
Río Lainez (24)	5,6	<0,5	6,1	7.300	190	27	3,9	<0,05

### 6d. Zona Costa Norte del Canal Beagle 6e. Zona Parque Nacional Tierra del Fuego.

Ubicación	Pb	Cd	Cu	Fe	Mn	Zn	Cr	Hg
Almanza (25)	7,4	<0,5	20	6.700	570	40	3,2	<0,05
Harberton (26)	1400	<0,5	190	3.900	370	91	2,6	<0,05
Mota (27)	10	<0,5	590	3.700	140	140	1,9	<0,05
Becasses (28)	12	<0,5	51	3.700	320	34	2,1	<0,05

Ubicación	Pb	Cd	Cu	Fe	Mn	Zn	Cr	Hg
Ensenada (34)	5,1	<0,5	19	2.200	77	14	<1	<0,05
Lapataia (35)	40	<0,5	82	5.300	69	120	4	<0,05

### 6f. Zona Isla de los Estados.

Estación	Pb	Cd	Cu	Zn	Sn
Bahía Crossley	3,84	<0,06	1,07	6,00	1,42

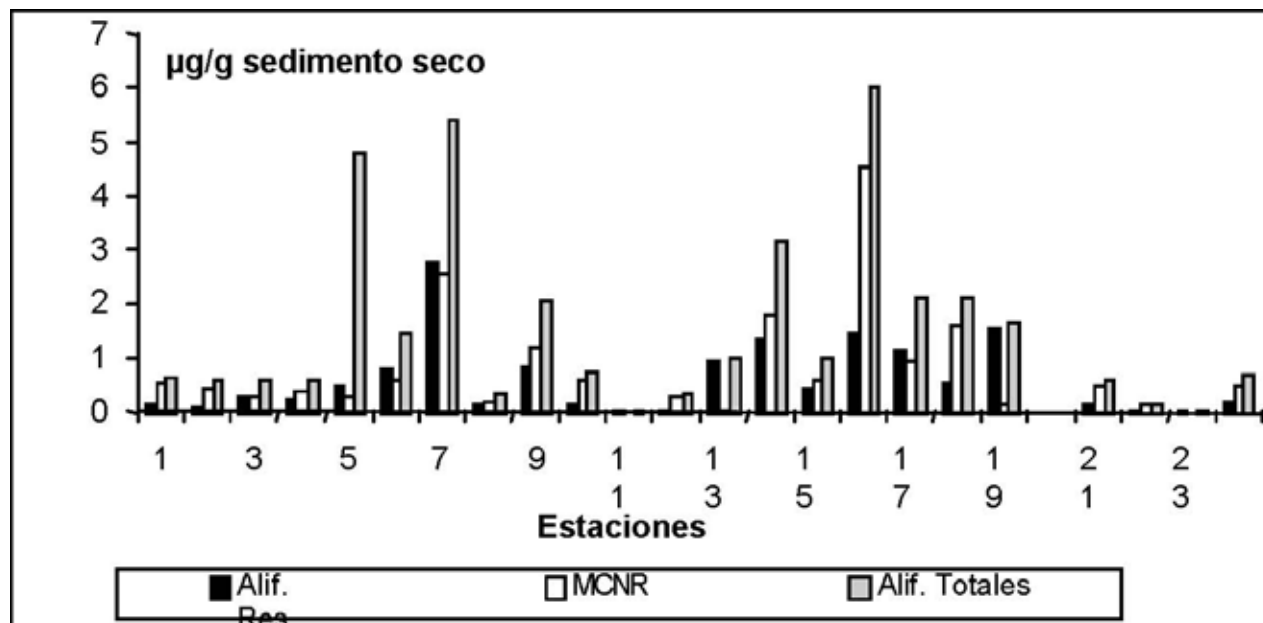
Bahía S J Salvamento	20,76	<0,06	4,70	9,54	1,08
Bahía Vancouver	5,11	<0,06	1,76	8,96	2,15
Bahía Cook	14,14	<0,06	3,68	14,06	1,20
Isla Observatorio	29,20	<0,06	31,74	47,32	3,15
Bahía Franklin	9,57	<0,06	3,47	11,88	1,10

## HIDROCARBUROS

## ALIFATICOS

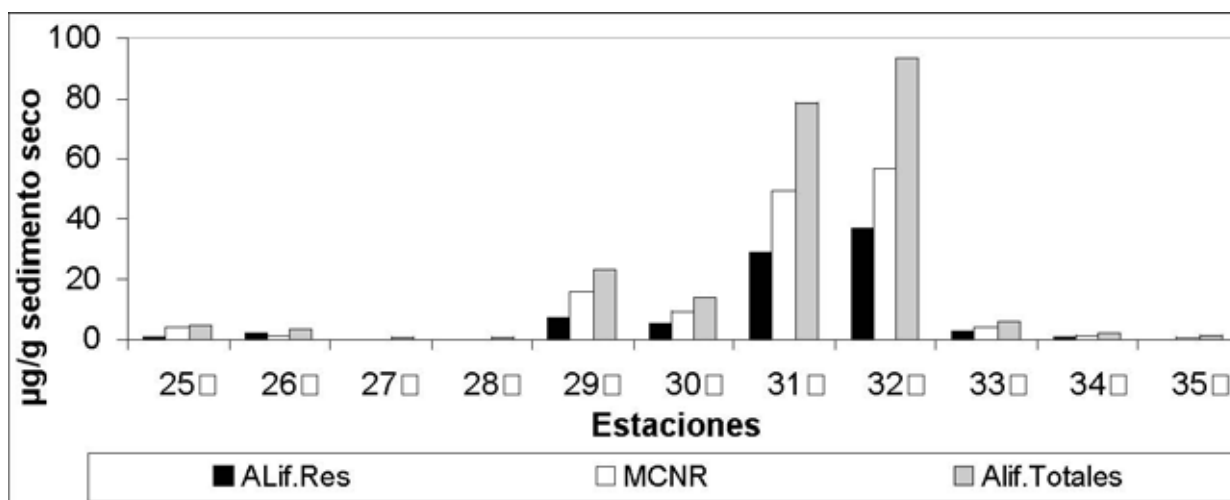
### Costa Atlántica

Las concentraciones de hidrocarburos en las estaciones ubicadas sobre la costa Atlántica de la Isla variaron entre 0,01 y 2,78  $\mu\text{g/g}$  peso seco para alifáticos resueltos, entre no detectable (ND) y 4,57  $\mu\text{g/g}$  para la MCNR, y entre 0,01 y 6,01 para alifáticos totales (Fig. 6a). Los valores más elevados correspondieron a las estaciones “Puerto Río Grande” intermareal, “bahía San Sebastián” y “Estancia Cullen”. En las dos primeras, estas concentraciones fueron coincidentes con valores de sedimento fino ( $< 63 \mu\text{m}$ ) de 30 y 35 % respectivamente.



**Figura 6a:** Concentraciones de Hidrocarburos Alifáticos en la Costa Atlántica.  
Canal Beagle

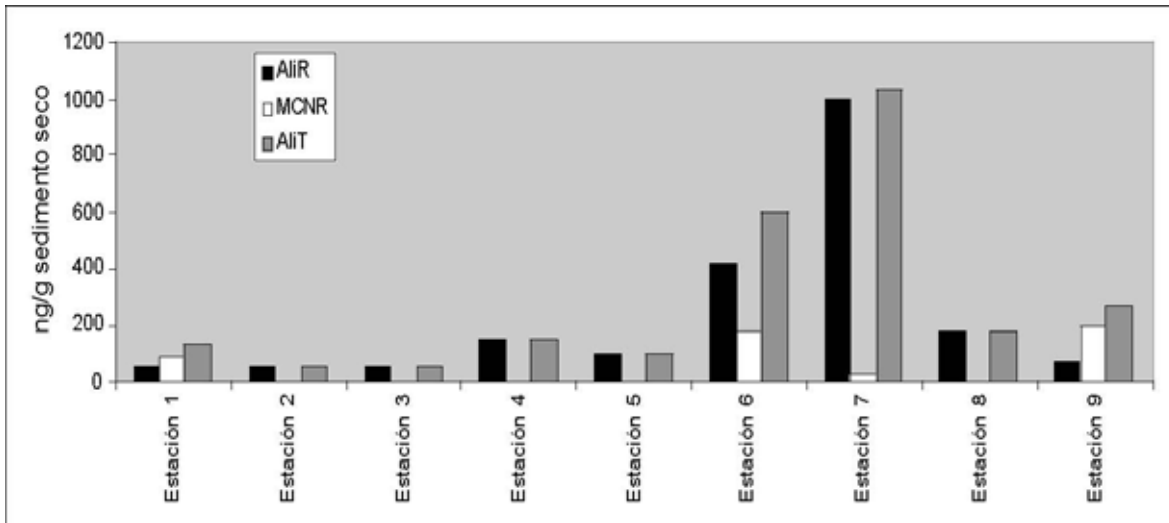
Las estaciones ubicadas sobre el Canal Beagle mostraron niveles de alifáticos resueltos entre 0,11 y 36,7  $\mu\text{g/g}$ , entre 0,26 y 56,6  $\mu\text{g/g}$  para la MCNR y entre 0,37 y 93,3  $\mu\text{g/g}$  para alifáticos totales. Los valores más elevados se encontraron en la bahía Ushuaia en las estaciones muelle de combustible, Saint Christopher y Bahía Encerrada (Fig. 4b). El porcentaje de material fino fue de 4, 10 y 41% respectivamente (Fig. 3b). El resto de las estaciones tuvo niveles similares a los registrados para la costa Atlántica. No se observó una correlación significativa entre las concentraciones de hidrocarburos y el contenido de materia orgánica de las muestras ni con la cantidad de material fino del sedimento. Esta es una indicación de que existen lugares no impactados antropogénicamente en la zona bajo estudio y de que podría haber una asociación de la presencia de hidrocarburos a fuentes puntuales y que no estarían asociados a niveles de materia orgánica. La bahía Ushuaia, sobre el canal Beagle, presentó los valores más elevados de hidrocarburos de toda la costa de la Provincia de Tierra del Fuego, mostrando una contaminación producto de la suma de actividades desarrolladas en el área, incluyendo las portuarias y las correspondientes a operaciones del muelle de combustibles. Estos valores fueron similares a los registrados en algunas zonas con intensa actividad antrópica en la costa de Patagonia, tales como Comodoro Rivadavia y San Antonio Oeste (Commendatore *et al.*, 2000).



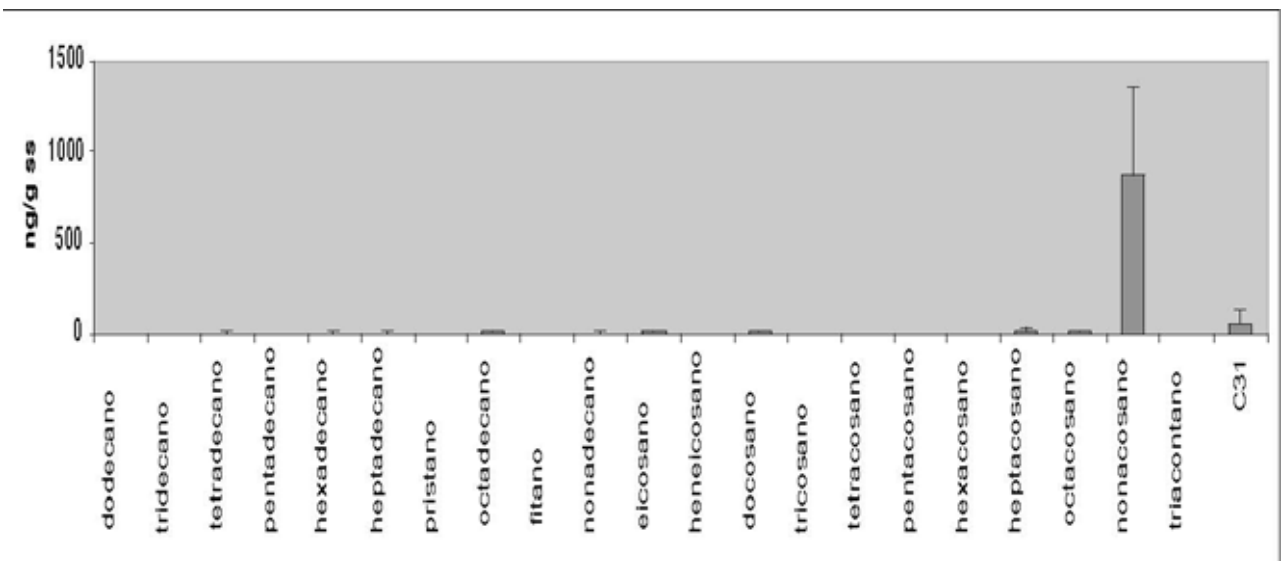
**Figura 6b: Concentraciones de Hidrocarburos Alifáticos en el canal Beagle.**

**Isla de los Estados**

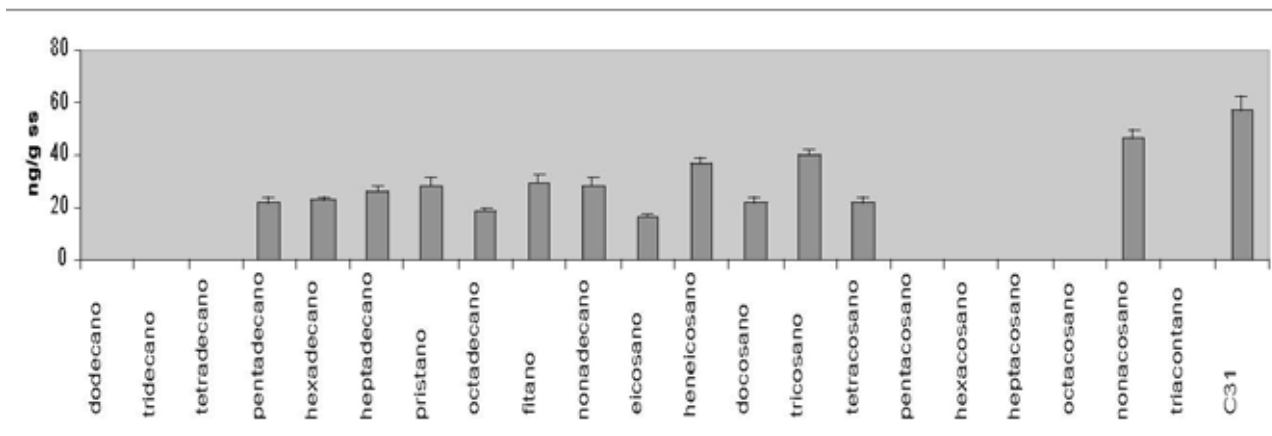
Los Hidrocarburos Alifáticos Resueltos (AlIR) variaron entre 33 y 989 ng/g ps; nd y 195 ng/g ps para la Mezcla Compleja No Resuelta (MCNR); y entre 33 y 1.014 ng/g ps para Alifáticos Totales (AliT) (Fig. 4c). El mayor valor para AliT (Estación 7, Isla Observatorio) estuvo en el orden de 1µg/g ps. UNEP (1992) considera valores de hasta 10µg/g como de sedimentos no contaminados. Para todas las estaciones el Hidrocarburo Mayor (HM) fue impar (n-C29 y n-C31) y los índices tomaron valores acordes con origen biogénico proveniente de aportes terrestres (plantas vasculares). Si bien las estaciones 5 y 8 presentaron valores par/impar mayores a 1 (atribuible a aporte antrópico), el resto de los índices y las bajas concentraciones, indicaron aportes biogénicos. Ninguna estación exhibió una clara serie homóloga de n-alcános. La MCNR, en niveles bajos (25 a 195 ng/g), se registró sólo en 3 de ellas (1, 6 y 9). Estos parámetros composicionales reforzaron el origen biogénico. En la estación 7 que presentó la mayor concentración (~1µg/g), ésta se debió al aporte de hidrocarburos impares de alto peso molecular (n-C29, n-C31, Fig. 5a). La estación 6 (Bahía Cook), merece un análisis particular. Presentó un valor par/impar de 0,4, debido no sólo a la presencia de hidrocarburos de alto peso molecular, sino a impares de bajo peso molecular (nC15, nC17, nC19, nC21 y Pristano, Fig. 5b); esto indicaría aporte biogénico de fuentes marinas (macroalgas y/o fitoplancton), además de los aportes de vegetación terrestre. Se observó además la serie homóloga de n-alcános (casi completa) y la MCNR; estos argumentos podrían significar aporte antrópico. La concentración del isoprenoide fitano fue 29 ng/g, superior al valor considerado por Seagars and Garlich-Miller (2001) para sedimentos no contaminados (<1ng/g). Sin embargo, por el nivel bajo de concentración y los índices aplicados, los hidrocarburos para la estación 6 fueron predominantemente biogénicos. En el resto de las estaciones se detectó fitano (1 a 2 ng/g) sólo en 2, 5 y 9; en el orden correspondiente a sedimentos no contaminados.



**Figura 6c.** Concentraciones de hidrocarburos en los sedimentos **Figura 7a**



**Figura 7b**



**Figura 7a y 7b. Perfil de AlIR para la Estación 7 y 6 respectivamente. La barra representa + 1 ds.**

Comparando estos datos con aquellos citados de otros ambientes, Pendolley (1992) informó hidrocarburos alifáticos entre 15 y 50 ng/g para sedimentos no contaminados de la costa Noroeste de Australia. Volkman et al., (1992) informaron entre 0,5 y 2  $\mu\text{g/g}$  para Davies Reef y Lizard Island en sedimentos no contaminados.

## CONCLUSIÓN

Fuera de los impactos previstos por influencia de las ciudades, el Canal Beagle, la zona sur de la costa atlántica de la Isla Grande y la Isla de los Estados, no presentaron impactos antrópicos notables, por lo que la información ambiental podría constituir una línea de base de contaminantes. En la zona norte de la costa atlántica de la Provincia, las concentraciones detectadas de hidrocarburos fueron bajas. Los valores más elevados coincidieron con las zonas de mayor actividad petrolera y portuaria (Río Grande, San Sebastián y Cullen). En el Canal Beagle, la Bahía Ushuaia mostró las concentraciones de hidrocarburos más elevadas de la zona costera de la Provincia, relacionadas principalmente con actividades portuarias.

Las zonas con influencia antrópica presentaron concentraciones de metales por encima de los valores hallados como líneas de base. Hay muy pocos estudios sobre organismos centinelas que permitan establecer un diagnóstico ambiental o permitir su

seguimiento a lo largo del tiempo. Se ha detectado una concentración de Plomo en sedimentos de la Bahía Harberton y en la margen sur del río Grande, por encima de lo normal comparado con zonas contiguas.

La ciudad de río Grande mostró un sector ribereño al río homónimo, totalmente descuidado en cuanto a la acumulación de residuos sólidos urbanos e industriales. Lo mismo sucede con la zona costera de la ciudad de Ushuaia, en particular en las zonas aledañas a la zona industrial. El lixiviado generado cuando el agua de lluvia atraviesa estos residuos, posee una calidad desconocida. Muchas veces éste concentra metales e hidrocarburos que incrementan su Demanda Química de Oxígeno (DQO); otras veces incorpora residuos orgánicos, aumentando su Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO). En todos los casos su potencial tóxico se incrementa de una manera desconocida. La solución a este problema radica en la limpieza y cuidado de estos ambientes.

### **RECOMENDACIONES**

A la luz de los resultados obtenidos, se recomienda:

- intensificar los muestreos de metales pesados en las zonas influenciadas por las actividades antrópicas con el fin de ejecutar un programa de monitoreo a largo plazo.
- Profundizar estudios sobre geoquímica que permitan identificar fuentes y rutas de estos metales.
- Realizar estudios sobre organismos centinelas con el fin de incorporar esa información a la diagnosis y seguimiento del ambiente estudiado.
- Estudiar con mayor profundidad los posibles orígenes de los valores excepcionales de Plomo en la Bahía Harberton y en la Margen Sur Río Grande y la realización de nuevos e intensivos muestreos sobre la línea de costa y el interior de la misma.
- Establecer un programa de monitoreo de contaminantes (particularmente metales pesados e hidrocarburos) para detectar futuros cambios y contribuir al desarrollo de medidas de manejo de los ambientes costeros y marinos de la Provincia de Tierra del Fuego, particularmente en la Bahía Ushuaia, sobre el canal Beagle y las



localidades de Río Grande, San Sebastián y Cullen en la costa Atlántica.

- Implementar programas de limpieza y cuidado de los ambientes urbanos e industriales en las ciudades de río Grande y de Ushuaia. Ambas muestran sectores ribereños y costeros muy degradados con acumulación de residuos sólidos urbanos e industriales. La toxicidad desconocida por el momento de estos residuos puede afectar sectores de río o del mar adyacentes a las ciudades y ocasionar daños en el ambiente.
- Ya que en la zona de río Grande el índice de precipitación es muy inferior a la tasa de evaporación, una de las acciones posibles en el mediano o largo plazo es el tratamiento secundario de los efluentes cloacales para destinarlos a su re-uso para riego.

### **AGRADECIMIENTOS**

Nuestro reconocimiento al Centro Austral de Investigaciones Científicas (CADIC-CONICET) de Ushuaia y al Centro Nacional Patagónico (CENPAT-CONICET) de Puerto Madryn , en donde los autores han realizado los análisis químicos. El análisis de metales pesados por ICP han sido realizados en los laboratorios de la planta Aluar S.A. de Puerto Madryn. Han colaborado en los muestreos: Horacio Ocariz, Valeria Willers, Victoria Rodríguez. Las fotografías que ilustran este Informe son de Horacio Ocariz. Han colaborado igualmente y facilitado las tareas de campo, las siguientes personas e Instituciones: la Dirección y personal de Secretaría y Servicios del CADIC, el Sr. Alejandro Chizzini por el apoyo en los muestreos de la Bahía Ushuaia. El Sr Dipilato, por su trabajo como guía en las tareas de campo sobre la costa atlántica.

### **REFERENCIAS**

Acevedo, R.D., 1994. Los mecanismos sustitutivos y los factores de evolución en los anfíboles de la Hornblendita Ushuaia, Tierra del Fuego. CADIC.

Agemian H. y Chau A.S.Y., 1976. Evaluation of extraction techniques for the determination of metals in aquatic sediments. The analyst, 101 (1207).

- Amin O., L. Ferrer y J. Marcovecchio. 1994. Lead and Copper distribution in surficial sediments from the Beagle Channel, Tierra del Fuego, Argentina. Proc of. Env. Contamination, S.P. Varnavas (ed), C.E.P. Consultants Ltd. , Edinburgh, U.K. 318:322.
- Amin, O; L. Ferrer y J. Marcovecchio, 1996a. Heavy metal concentrations in littoral sediments from the Beagle Channel, Tierra del Fuego, Argentina. Env. Monitoring and Assesment 41 (3) : 219-231.
- Amin, O.; Andrade, J.; Marcovecchio, J. y L. Comoglio.1996b. Heavy metal concentrations in the mussel *Mytilus edulis chilensis* from the coast near Ushuaia city (Tierra del Fuego, Argentina). Int. Conf on Poll Proc in Coastal Environ. Marcovecchio J. (ed). Pag. 335- 339.
- Amin O., L. Ferrer, A. Barral, J. Marcovecchio & A. Pucci. 1997. Geochemical distribution of trace metals in marine sediments from Beagle Channel, in Argentina. Proc. of Int. Symp. of Cold Region Developement (ISCORD 97) 333:336.
- Amín O., 1998. Estudio de las características oceanográficas de la bahía Almirante Brown. Informe Técnico solicitado por la Subsecretaría de Recursos Naturales de la Provincia de Tierra del Fuego, Antártida e islas de Atlántico Sur.
- Amín, 2004. Análisis de metales pesados en sedimentos costeros superficiales. Anexo 3, 26
30. En: Evaluación de la contaminación urbana de las bahías de Ushuaia, Encerrada y Golondrina (Esteves José Luis y Oscar Amín). Informe Técnico del Proyecto Consolidación e Implementación del Plan de Manejo Integrado de la Zona Costera Patagónica (Puerto Madryn, Argentina). Pp. 65. Editado en CD.
- Balestrini, C. F. 1990 Estudio de las corrientes marinas en los alrededores de la Península de Ushuaia. CADIC, Contribución Científica, Publicación Especial n° 10, Ushuaia.
- .C.F.I. (Consejo Federal de Inversiones), 1997. Programa de Bases para el Desarrollo de la Acuicultura. Provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur. Sesar Gabriel, Siquot Luis Alberto y Esteves José Luis. Informe Final. Setiembre 1997, 308 pp.

□.C.F.I. (Consejo Federal de Inversiones), 2002. Apoyo para la implementación, desarrollo y fomento del cultivo de mejillón en la Provincia de Tierra del Fuego. Eduardo Zampatti, Marcela Pascual, Mario Lasta, María Regina Silva y Carlos Di Pilato. Informe Final. Marzo 2002. 78 pp.

Commendatore M., Gil M.N., Harvey M., Colombo J.C. y Esteves J.L., 1997: 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: 1-17.

Commendatore M. (1), Gil M. (1), Ocariz H. (1,2), Rodriguez M.V.(2,3), Solís M.(1), Willers V. (2,3).

Commendatore M.G., J.L. Esteves and J.C. Colombo, 2000. Hydrocarbons in coastal sediments of Patagonia, Argentina: Levels and Probable Sources. Marine Pollution Bulletin 40 (11): 989-998.

Commendatore M. y J.L. Esteves., 2001. Hidrocarburos Alifáticos en la zona costera de la Provincia de Tierra del Fuego (Argentina). Datos preliminares. X Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar, San Andrés, Colombia.

Daus F. 1978. Geografía del canal Beagle. Boletín de GAEA (Sociedad Argentina de Estudios Geográficos) 97: 4-17. Buenos Aires.

Esteves J.L. y Amín O., 2004: Evaluación de la contaminación urbana de las bahías de Ushuaia, Encerrada y Golondrina. Informe Técnico del Proyecto "Consolidación e Implementación del plan de manejo de la zona costera patagónica para la conservación de la biodiversidad". Con 5 anexos y 65 pp. Fundación Patagonia Natural. Edición en CD. ISBN: en trámite.

Gil M.N., M.A. Harvey y J.L. Esteves, 1999: Heavy metals in intertidal surface sediments from the Patagonian Coast, Argentina. Bull. Environm. Contam. Toxicol., 63 : 52-58.

Gold, G., Acuña, J. y Morel, J. (1987). Manual CARIPOL/IOCARIBE para el análisis de hidrocarburos de petróleo en sedimentos y organismos marinos.

- International Mussel Watch Project, 1995. Inicial Implementation Phase. Final Report. UNESCO-IOC, UNEP, US NOAA. NOAA Technical Memorandum NOS ORCA 95.
- Iturraspe R; Sottini R; Schroeder C y Escobar J, 1989. Generación de información Hidroclimática en Tierra del Fuego. Contribución Científica (7) CADIC. Ushuaia.
- Lecaros O., Juan R. y Lorenzo M., 1997. Hidrocarburos alifáticos en sedimentos de fondo marino en el estrecho de Magallanes y canal Beagle. Revista de Biología Marina y Oceanografía, 32(2): 203 – 213.
- International Mussel Watch Project, 1995: Coastal chemical contaminant monitoring using bivalves. Initial Implementation Phase. Final Report. (Farrington J.W. and Tripp B.W., editors). NOAA Technical Memorandum NOS ORCA 95, 63 pp, 6 appendices.
- Parera A., A. Schiavini., y E. Frere., 1997. Relevamiento ecológico de la Isla de los Estados. Observaciones sobre su estado de conservación y sugerencias de manejo. Boletín Técnico de la Fundación Vida Silvestre Argentina, N° 38.
- Pendolley K., 1992. Hydrocarbons in Rowley Shelf (Western Australia) oysters and sediments. Marine Pollution Bulletin 24 (4): 210-215.
- Quirós Rolando, Luchini Laura, Wicki Gustavo y Errazti Elizabeth, 1993. Evaluación e identificación de sitios aptos para el desarrollo de la acuicultura. Sobre la zona costera de la Isla Grande de la Tierra del Fuego y sus aguas interiores. Informe de avance, primer y segundo informes parciales. C.F.I.. (Consejo Federal de Inversiones).
- Schiavini A.C.M., P. Yorio y E. Frere, 1998 . Distribución reproductiva y abundancia de las aves marinas de la Isla Grande de Tierra del Fuego, Isla de los Estados e Islas de Año Nuevo (Provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur). Capítulo 9 del Atlas de la distribución reproductiva de aves marinas en el litoral patagónico argentino. Plan de Manejo Integrado de la Zona Costera Patagónica. Ed. Yorio P., Frere E., Gandini P., y Harris G.

- Seagars D.J. and J. Garlich-Miller, 2001. Organochlorine compounds and aliphatic hydrocarbons in Pacific Walrus blubber. *Marine Pollution Bulletin*, 43 (1-6): 122-131.
- Strickland, J.D.H., Parsons, T.R., 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada* 1-167.
- Technicon Industrial Systems (1977). Industrial Method No. 186-72W/B.
- UNEP, 1992. Determination of petroleum hydrocarbons in sediments. *Ref Met For Mar. Pollution Studies* N° 20.
- UNESCO, 1982. Determinación de los hidrocarburos de petróleo en los sedimentos. *Manuales y Guías* 11:1-35.
- Vázquez N.N., Gil M.N., Esteves J.L. y Amín O., 2003. Contaminación por Zn, Cu, Pb y Cd en sedimentos intermareales de la zona costera del Canal Beagle. *Tierra del Fuego, Argentina. Resumen de las Vº Jornadas Nacionales de ciencias del Mar, Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.* P.181.
- Volkman J., D. Holdsworth, G. Neill and H. Bavor, 1992. Identification of natural, anthropogenic and petroleum hydrocarbons in aquatic sediments. *The Science of the Total Environment* 112: 203-219.
- Walkley A., 1947. A critical examination of a rapid method for determination of organic carbon in soils. Effects of variations of digestion conditions and of inorganic soils constituents. *Soil Sci.*, 63: 251 – 264.